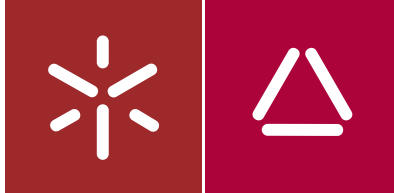


Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Diana Catarina Mota Pereira

Efeitos dos incêndios florestais de baixa
severidade nos solos, no município de Fafe



Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Diana Catarina Mota Pereira

Efeitos dos incêndios florestais de baixa
severidade nos solos, no município de Fafe

Dissertação de Mestrado
Geografia
Especialização em Planeamento e Gestão do Território

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António José Bento-Gonçalves
Professor Doutor António Avelino Batista Vieira

Declaração

Nome: Diana Catarina Mota Pereira

Endereço Eletrónico: dianapereira.gp@gmail.com

Número do Cartão de Cidadão: 14513527

Título da Dissertação: Os efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade no solo, no município de Fafe.

Orientadores: Professor Doutor António José Bento-Gonçalves
Professor Doutor António Avelino Batista Vieira

Ano de Conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Geografia – Especialização em Planeamento e Gestão do Território

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 30/01/2018

Assinatura: Diana Catarina Mota Pereira.

Agradecimentos

Ao longo deste processo, foram várias as pessoas que me ajudaram a superar os desafios e que me deram força para chegar ao fim.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus orientadores António Bento-Gonçalves e António Vieira, pela disponibilidade total e pela paciência que tiveram comigo.

Aos meus pais e avó, sempre presentes e que me deram forças para continuar, mesmo quando tudo parecia correr mal.

Aos meus amigos, que me deram um apoio incondicional e que nunca duvidaram que chegaria ao fim.

Ao Senhor Carlos e D. Isabel que me ajudaram com toda a informação que necessitava.

A todos eles o meu muito obrigada. 😊

Resumo

Um dos maiores flagelos da sociedade portuguesa das últimas décadas são os incêndios florestais. Estes associam-se a um grande leque de aspetos, pelo que equipas interdisciplinares são indispensáveis para se analisar objetivamente esta matéria e onde a Geografia deve ter um papel de destaque. O estudo dos efeitos dos incêndios florestais nos ecossistemas, em particular no funcionamento dos solos, constitui uma linha de pesquisa que recebe especial atenção em todo o mundo.

Torna-se assim, essencial a investigação dos efeitos dos incêndios, pelo que o presente estudo decorreu na freguesia de Quinchães, do município de Fafe, onde se efetuou recolhas de amostras de solo para o estudo de diversas propriedades físicas (matéria orgânica e inorgânica; granulometria, densidade aparente; resistência do solo à compressão; infiltração de água do solo), recorrendo a um conjunto diversificado de métodos e ferramentas, com o objetivo de contribuir para o conhecimento do efeito dos incêndios florestais nas propriedades físicas do solo, mais precisamente aqueles provocado por um incêndio florestal de baixa severidade.

Os resultados obtidos, indicam que o incêndio florestal ocorrido (17 de abril de 2017, com 4 ha), não provocou mudanças significativas nas propriedades do solo estudadas, indo ao encontro do que já é conhecido no que aos incêndios de baixa severidades diz respeito. Poder-se-á também verificar a influência que as características do solo e da área (topografia, uso do solo, ...) tem nos resultados obtidos, em função, mais uma vez, da severidade.

No entanto, esta dissertação vem realçar mais uma vez a importância do estudo dos efeitos dos incêndios nos diversos graus de severidade, principalmente os de baixa severidade, pois a verificação de que os mesmos não provocam danos do solo, poderá promover o uso do fogo controlado, como ferramenta válida de gestão de combustíveis na perspetiva da prevenção dos incêndios florestais, assim como ser encarado como estratégia a ser utilizada pelos bombeiros no combate dos mesmos, sempre que as condições estejam reunidas para tal.

Palavras-Chave: Efeitos dos incêndios florestais, Propriedades físicas do solo, Severidade, Fafe.

Abstract

One of the major issues of portuguese society in recent decades is forest fires. These are associated to a wide range of aspects, so interdisciplinary teams are indispensable to analyze subject objectively, and Geography should play a prominent role. The study of the effects of forest fires on ecosystems, particularly on soil functioning, is a line of research that receives recently special attention from worldwide scientific community.

Thus, it is essential to investigate the effects of fires, so the present study was conducted in the parish of Quinchães, Fafe, where samples of soil were collected for the study of various physical properties (organic and inorganic matter; grain size, soil bulk density, soil compressive strength, soil water infiltration), using a diverse set of methods and tools, with the objective of contributing to the knowledge of the effect of forest fires on the physical properties of soil, caused by a forest fire of low severity.

The results obtained indicate that the forest fire occurred (April 17, 2017, with 4 ha), did not cause significant changes in the properties of the studied soil, meeting what is already known in regard to fires of low severity concerns. One can also verify the influence that the characteristics of the soil and the area (topography, soil use, ...) has on the results obtained, again due to the severity.

However, this dissertation once again highlights the importance of studying the effects of fires in the various degrees of severity, especially those of low severity, since the verification that they do not cause soil damage can promote the use of controlled fire , as a valid fuel management tool with a view to preventing forest fires, as well as being seen as a strategy to be used by firefighters to combat them, whenever conditions are met.

Keywords: Effects of forest fires, Physical soil properties, Severity, Fafe.

Índice

Introdução	1
Objetivos	2
Metodologia	3
Capítulo I – Enquadramento Teórico	5
Incêndios florestais	5
Fatores que influenciam os incêndios florestais	7
Causas dos incêndios florestais	9
Consequências dos incêndios florestais.....	11
Efeitos dos incêndios florestais no solo.....	14
Capítulo II - Caracterização da área de estudo	19
Enquadramento geográfico	19
Caracterização física da área de estudo.....	20
Clima	20
Geologia	22
Litologia	22
Geomorfologia	25
Hipsometria	25
Declive.....	27
Exposição das vertentes	29
Tipo de solo.....	31
Uso e Ocupação do Solo.....	33
Vegetação.....	35
Capítulo III – Incêndios Florestais	37
Os incêndios florestais em Portugal Continental	37
Evolução Temporal do número de incêndios e de área ardida (1990-2015)	37
Distribuição Espacial.....	39
Incêndios florestais no concelho de Fafe	41
Evolução Temporal	41
Distribuição espacial.....	45
Ações preventivas	47
Capítulo IV - Os efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nos solos em Fafe	49
Procedimentos Metodológicos	49

Colheita e preparação das amostras:.....	49
Construção de um Modelo Digital de Terreno.....	51
Profundidade do solo.....	51
Matéria orgânica e inorgânica (mineral)	52
Granulometria do solo (Textura do solo)	54
Densidade Aparente	55
Resistência do solo à compressão	56
Capacidade de infiltração do solo	57
Apresentação de resultados	58
Construção de um Modelo Digital de Terreno.....	58
Profundidade do solo.....	59
Matéria orgânica e inorgânica.....	60
Granulometria do solo (Textura do solo)	61
Densidade aparente	63
Resistência do solo à compressão	65
Capacidade de Infiltração de água no solo	66
Conclusões	69
Bibliografia.....	72
Anexos	78

Índice de Figuras

Figura 1 – Principais causas dos incêndios florestais em 2016	10
Figura 2 – Esquema representativo da interação vegetação/solo.....	15
Figura 3 – Enquadramento geográfico da área de estudo	19
Figura 4 - Temperaturas médias do ar (mensal, máxima e mínima) e média mensal em 2003	20
Figura 5 - Gráfico Termopluviométrico de Braga	21
Figura 6 – Mapa geológico de Fafe	23
Figura 7 – Mapa hipsométrico de Fafe	26
Figura 8- Mapa de declives de Fafe	28
Figura 9 – Mapa de exposição de vertentes de Fafe	30
Figura 10 – Mapa do tipo de solo em Fafe	32
Figura 11 – Uso e ocupação do solo e sua percentagem em Fafe	33
Figura 12 – Mapa da Ocupação e uso do solo de Fafe	34
Figura 13 - Vegetação e sua percentagem em Fafe	35
Figura 14 – Mapa da vegetação de Fafe.....	36
Figura 15 – Evolução do nº de ocorrências de incêndio florestais e área ardida (1990-2015)...	37
Figura 16 – Nº Ocorrências (Fogachos e Incêndios Florestais) (2001-2015) em Portugal Continental.....	38
Figura 17 – Distribuição espacial dos incêndios florestais (1990-2015) em Portugal Continental	39
Figura 18 - Evolução do nº Ocorrências florestais (1990-2015) em Fafe	41
Figura 19 - Evolução do nº ocorrências de incêndios florestais (1990-2015) na freguesia Quinchães	42
Figura 20 – Nº ocorrências (Fogacho e Incêndios florestais) (2001-2015) em Fafe	42
Figura 21 – Evolução da Área Ardida (1990-2015) em Fafe	43
Figura 22 - Evolução da Área Ardida (Povoamentos e Matos) (1990-2015) em Fafe.....	44
Figura 23 – Distribuição espacial Área Ardida (1990-2015) em Fafe.....	46
Figura 24 - Localização das parcelas em estudo.....	49
Figura 25 – Fotografia das parcelas em estudo	50
Figura 26 - Imagem do Drone utilizado.....	51
Figura 27 - Fotografia da medição da profundidade	51
Figura 28 - Fotografia da recolha das amostras para análise de teor de matéria orgânica e textura do solo.....	52
Figura 29 - Fotografia da estufa, forno e balança utilizada	53
Figura 30 - Fotografia do agitador de partículas	54
Figura 31 - Fotografia de material mineral retirado dos crivos	54
Figura 32 - Fotografia da recolha de amostra com os cilindros.....	55
Figura 33 - Imagem do Penetrómetro utilizado	56
Figura 34 – Diagrama do Infiltrómetro utilizado	57

Figura 35 - Modelo digital de terreno da área de estudo	58
Figura 36 - Mapa da profundidade da área de estudo.....	59
Figura 37 – Percentagem da matéria orgânica e inorgânica das amostras recolhidas	60
Figura 38 – Percentagem dos tipos de textura nas amostras recolhidas	62
Figura 39 - Mapa da densidade aparente na área de estudo.....	64
Figura 40 – Mapa da resistência do solo da área de estudo	65
Figura 41 - Capacidade de infiltração nas amostras da parcela 1.....	67
Figura 42 - Capacidade de infiltração nas amostras da parcela 2.....	67

Índice de Quadros

Quadro 1 – Fatores que influenciam a eclosão/propagação do fogo	7
Quadro 2 - Impactes imediatos e subsequentes ao incêndio	11
Quadro 3 - Pesagem das amostras antes e depois da ignição e percentagem da matéria orgânica e mineral.....	61
Quadro 4 – Percentagem dos tipos de textura na área não ardida.	62
Quadro 5 – Percentagem dos tipos de textura na área ardida.	62
Quadro 6 – Dados da pesagem dos cilindros e valores da densidade aparente na parcela 1.	63
Quadro 7 – Dados da pesagem dos cilindros e valores da densidade aparente na parcela 2	63

Abreviaturas e Siglas

CBMERJ – Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro

CEE – Comunidade Económica Europeia

CO₂ - Dióxido de Carbono

COS – Carta Ocupação do Solo

DGF – Direção-Geral das Florestas

DGRF – Direção-Geral de Recursos Florestais.

DGT – Direção-Geral do Território

DRAEDM – Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho

EFFIS – European Forest Fire Information System

ENB – Escola Nacional de Bombeiros

FGC – Faixa de Gestão de Combustível

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IGEO – Informação Geográfica

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

JRC – Joint Research Centre

MDI – Mini-Disk Infiltrrometer

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PDM – Plano Diretor Municipal

PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

PNDFCI – Plano Nacional Defesa da Floresta Contra Incêndios

PROFBM – Plano Regional de Ordenamento Florestal do Baixo Minho

SGIF – Sistema de Gestão de Incêndios Florestais

UE – União Europeia

UGFM – Unidade de Gestão Florestal do Minho

Introdução

Os incêndios florestais fazem parte integrante dos ecossistemas mediterrâneos. A nível europeu, os países da bacia do Mediterrâneo assinalaram, nestas últimas décadas, um importante incremento tanto no número de ocorrências como na área percorrida pelas chamas (Joint Research Center, 2005). Esta tendência crescente, apesar da irregularidade temporal no número de ocorrências e na área ardida, distingue Portugal dos restantes países do sul da Europa, não apenas pelo elevado número de ignições, mas, sobretudo, devido à maior proporção de área ardida, em particular nas regiões centro e norte (Nunes *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas, a problemática dos incêndios florestais tem vindo a acentuar-se devido a importantes mudanças socioeconómicas e alterações profundas da estrutura rural. Estas alterações devem-se, sobretudo, aos fenómenos de “litoralização” e de “urbanização” da população, em contraste ao despovoamento verificado no interior do território nacional.

Em Portugal Continental, os incêndios florestais constituem o problema ambiental mais relevante e são frequentemente considerados a principal causa de degradação do solo (Nunes *et al.*, 2013). Assim, estes marcam e alteram profundamente a paisagem por onde se desenvolvem e alastram (Lourenço *et al.*, 2012), produzindo alterações sobre os solos, a água e a vegetação (Jordán & Cerdá, 2010).

Os impactes provocados pelos incêndios florestais são de tal modo complexos que só através de um leque diversificado de ciências será possível obter análises suficientemente completas. As consequências deste fenómeno têm-se traduzido de forma grave no empobrecimento dos solos, sendo urgente a implementação de medidas que visem a proteção dos solos na sequência de incêndios florestais (Vieira & Bento-Gonçalves, 2015).

O estudo dos seus efeitos nos ecossistemas, em particular no funcionamento dos solos, constitui uma linha de pesquisa que recebe especial atenção em todo o mundo (González-Vila & Almendros, 2011). Dependendo da temperatura que o solo atinge durante o incêndio, esta produz mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do solo (Fernandes *et al.*, 2009). Características físicas importantes no solo que são afetados pelo aquecimento do solo incluem: textura, teor de argila, estrutura do solo, densidade aparente e porosidade (quantidade e tamanho).

Essas propriedades físicas (incluindo processos) influenciam o componente mineral do solo e como ele interage com os outras duas componentes (química e biológica) (DeBano *et al.*, 2005).

Assim, o monitoramento dos efeitos dos incêndios nas propriedades dos solos é fundamental para projetar estratégias de reabilitação e restauração das áreas afetadas.

Torna-se assim, cada vez mais essencial a investigação dos efeitos dos incêndios, pelo que a presente dissertação pretende contribuir para o conhecimento do efeito dos incêndios florestais nas propriedades do solo, abordando mais pormenorizadamente as propriedades físicas do solo, na freguesia de Quinchães, do município de Fafe, utilizando metodologias possíveis de utilização noutras áreas.

No que à estrutura diz respeito, esta dissertação será composta por quatro capítulos fundamentais. A primeira parte é dedicada às questões mais teóricas relativas ao estudo e compreensão do fenómeno dos incêndios florestais, seguida de uma parte destinada à caracterização da área de estudo, onde se irá compreender as características da mesma. Seguidamente teremos uma parte que passa pela descrição dos incêndios no município de Fafe, culminando com o estudo dos efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nas propriedades físicas do solo nesta mesma área.

Objetivos

O objetivo principal desta dissertação prende-se com o estudo dos efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nas propriedades físicas do solo, com o intuito de perceber se ocorrem e quais as alterações no solo decorrente desse fenómeno.

Como tal, numa primeira abordagem pretende-se um conhecimento mais teórico sobre os fenómenos dos incêndios florestais (definição do termo, causas, fatores que influenciam os mesmos, ...), dando de seguida, maior relevância às consequências provocadas, especialmente nos solos.

Neste caso específico, a área em análise localiza-se na freguesia de Quinchães, no município de Fafe, pelo que será também necessário realizar uma breve análise climática tendo em conta os índices de precipitação e temperatura. Além disso, procedeu-se à caracterização da geologia; do relevo, com o estudo dos declives, das exposições e da hipsometria do território,

prosseguindo-se com a identificação dos tipos de solo da área, assim como os usos do mesmo, tanto florestal como agro-florestal.

Como o estudo dos incêndios florestais implica uma componente geográfica, em função da distribuição espacial dos incêndios, e uma componente histórica, em virtude da evolução temporal do número de ocorrências e das áreas ardidas, este será também um ponto a ter em consideração na área em estudo.

Como tal, os objetivos desta dissertação passam por:

- i/* Compreender o fenómeno dos incêndios florestais e as suas consequências, principalmente no solo;
- ii/* Caracterizar o clima, a geologia, a geomorfologia, o solo e o uso do solo no município de Fafe;
- iii/* Descrever os incêndios florestais no município de Fafe, relativamente ao número, à área ardida e ações de prevenção;
- iv/* Estudar os efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nas propriedades físicas do solo na freguesia de Quinchães (Fafe).

Metodologia

Em termos metodológicos, a dissertação irá centrar-se na integração de duas componentes fundamentais: a componente teórica e a componente prática. A componente teórica, corresponde à primeira parte deste trabalho e recairá sobre o conhecimento mais aprofundado das questões relativas aos incêndios florestais e às suas consequências, através da pesquisa bibliográfica (nacional e internacional). A componente prática compreende as últimas três partes deste trabalho, subdividindo-se em duas. Uma primeira que compreende a segunda e terceira partes, onde foram utilizadas fontes secundárias, com as seguintes métodos:

- Para a **caracterização da área de estudo**, foram utilizados sobretudo dados secundários na elaboração da cartografia apresentada. Destacam-se as Normais Climatológicas do IPMA (1981-2010) utilizadas na parte do clima; dados do IGEO relativos à geologia; dados da DGT para a hipsometria, declives, exposições; dados da COS 2007 para cartografar o uso e ocupação do solo e a vegetação e

por fim dados da DRAEDM para o tipo de solo. Estes foram tratados no *Microsoft Office Excel* (para os gráficos) e *Software ArcGIS* (cartografia).

- Para a **evolução temporal e espacial dos incêndios florestais**, foram utilizados dados estatísticos e cartográficos do ICNF, posteriormente tratados no *Microsoft Office Excel* (para os gráficos) e *Software ArcGIS* (cartografia).

Já a segunda parte é relativa à parte experimental desta dissertação, com a implementação de fontes primárias, nomeadamente:

- **Realização de saídas de campo**, para a recolha de dados e amostras, destacando-se a seguinte cronologia:
 - 17/04/2017 – Dia do incêndio florestal;
 - 27/04/2017 - Colocação das parcelas e medição da profundidade do solo;
 - 29/04/2017 - Recolha de dados da capacidade de infiltração de água do solo e resistência do solo;
 - 01/06/2017 - Recolha de amostras para análise do teor de matéria orgânica e textura do solo e densidade aparente;
 - 11/07/2017 – Utilização do Drone para captação de imagens.
- **Recolha de dados com a utilização de vários instrumentos**, mencionados ao longo do trabalho;
- **Trabalho laboratorial**, realizado no Laboratório de Investigação de Geografia Física da Universidade do Minho (Guimarães). Este passa pela utilização:
 - da estufa, para a secagem das amostras;
 - do forno, para estimar a matéria mineral e orgânica, utilizando a técnica de “perda por ignição”;
 - do agitador de peneiros, para a crivagem da componente mineral;
 - pesagem das amostras ao longo de cada etapa, utilizando uma balança de precisão.

No entanto, estes processos encontram-se descritos com maior pormenor ao longo do Capítulo IV.

Capítulo I – Enquadramento Teórico

Incêndios florestais

Um dos maiores flagelos da sociedade portuguesa das últimas décadas são os incêndios florestais. Estes associam-se a um grande leque de aspetos, pelo que equipas interdisciplinares são indispensáveis para se analisar objetivamente esta matéria, e onde a Geografia deve ter um papel de destaque (Lourenço, 1990).

Numa primeira fase, é importante perceber o que se entende por incêndio florestal. No entanto, este é um fenómeno recorrente em várias regiões do globo e, como tal, vários são os termos usados em todo o mundo para descrever incêndios na vegetação fora do meio urbano. Nos Estados Unidos da América usam o termo *wildland fire*, que pode ser entendido como “qualquer fogo não-estrutural que ocorra em meio selvagem e inclui *wildfire*, *wildland fire use* e *prescribed fire*” (Bento-Gonçalves *et al.*, 2015, p.3). Na Austrália, o termo *bushfire* é usado para descrever qualquer fogo na vegetação, acrescentando o termo *wildfire*, mais pormenorizado descrevendo fogos na vegetação não planeados incluindo termos como *grass fire*, *forest fire* e *scrubfires*. Por outro lado, o termo “*forest fire*” é usado pela *European Commission (Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability)* no relatório anual de incêndios em países europeus. Já no Canada o termo *forest fire* e *wildfire* são definidos pelo *Canadian Interagency Forest Fire Center* (Bento-Gonçalves, *et al.*, 2015).

Em Portugal, podemos entender incêndio florestal como “um incêndio que deflagra e se estende por espaços florestais (arborizados ou não arborizados) ou que, tendo início noutros terrenos, se propaga por espaços florestais. Excluem-se os fogos controlados, geralmente destinados a diminuir ou eliminar o material combustível acumulado no terreno” (PNDFCI, 2005, p.1).

Enquanto processo físico-químico de combustão de material vegetal, os incêndios florestais estão dependentes de dois fenómenos complementares:

- a ignição, que consiste no aparecimento da primeira chama, após a absorção da energia de ativação pelo material combustível;
- a propagação, que consiste na dispersão da combustão pelos materiais combustíveis circundantes (através da transmissão de calor por convecção, condução ou radiação, ou através do aparecimento de focos secundários, por projeção de material em combustão) (PNDFCI, 2005).

Relativamente ao estudo dos incêndios florestais, podemos referir a criação de um sistema europeu de informação sobre incêndios florestais, o EFFIS (*The European Forest Fire Information System*) criado em 2000 pela UE, com o objetivo de oferecer dados de fontes nacionais e internacionais relacionados com este tema. Estes dados refletem a situação dos países mediterrâneos desde os anos 80, variando de país para país, os métodos e os parâmetros da recolha. De seguida, em 1992, de acordo com o regulamento CEE 2158/92 e mais tarde como CE 804/94, os países mediterrâneos começam a recolher as “informações principais sobre incêndios florestais”. Deste modo, a base de dados do mesmo, contém dados dos últimos 22 anos para os principais países do Mediterrâneo, membros da UE, onde Portugal está incluído (San-Miguel & Camia, 2009).

A nível europeu, os países da bacia do Mediterrâneo assinalaram, nestas últimas décadas, um importante incremento tanto no número de ocorrências como na área percorrida pelas chamas (JRC, 2005). Esta tendência crescente, apesar da irregularidade temporal no número de ocorrências e na área ardida, distingue Portugal dos restantes países do Sul da Europa, não apenas pelo elevado número de ignições, mas, sobretudo, devido à maior proporção de área ardida, em particular nas regiões Centro e Norte (Nunes *et al.*, 2013). Pelo clima e pela pressão demográfica, em certos locais agravados com a pressão turística, temos que concordar, que nas regiões do Mediterrâneo, onde se encontram, por exemplo parte de Portugal e grande parte de Espanha, a probabilidade de incêndio é grande. Assim sendo, o risco climatológico existe e o risco meteorológico pode ser elevado tornando-se a ação humana, então, a causa mais frequente de deflagração devendo considerar-se parte integrante do risco de incêndio.

Em Portugal, são inúmeros os trabalhos que relacionam as características climáticas e meteorológicas do nosso território com a ocorrência dos incêndios (Rebelo, 1980; Lourenço, 1988 e 1991; Lourenço & Gonçalves, 1990; Viegas *et al.*, 1992; Viegas & Viegas, 1994; Pereira *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2008). Todavia, o perfil do clima português, de feição mediterrânea, não justifica, por si só, nem o elevado número de ignições nem a vasta área ardida ao longo destas últimas três décadas (Nunes *et al.*, 2013). Deste modo, os incêndios florestais poderão ser encarados como catástrofes naturais, não pela sua causa em si, mas pela grande influência que a natureza e os seus fatores representam nos mesmos bem como e especialmente, pelos danos que causam na Natureza. No entanto, a influência humana é tanta, com o desordenamento; combate; falta de gestão florestal; existência de monoculturas, que os incêndios florestais poderão

também ser considerados um risco misto, uma vez que a sua influência é crucial para explicar o elevado número de ocorrências e pelas extensas áreas ardidas.

Fatores que influenciam os incêndios florestais

Um incêndio florestal é um fenómeno que evolui ao longo do espaço e do tempo de forma complexa, dependendo de múltiplos fatores para se desenvolver. Contudo, trata-se de um fenómeno tão imprevisível e com um comportamento difícil de prever, que a noção dos vários fatores que influenciam os incêndios florestais, é essencial para uma boa gestão e prevenção dos incêndios florestais.

“O comportamento do fogo, durante a sua propagação, condiciona de uma forma marcante todos os aspetos que se relacionam com os incêndios. Desde a prevenção até à mitigação dos efeitos, passando naturalmente pelo combate, é o comportamento do fogo, potencial ou real, que determina as medidas a tomar e as técnicas a empregar” (Viegas, 2011, p.95).

Posto isto, podemos então encontrar no Quadro 1, resumidamente alguns dos fatores apresentados por Macedo & Sardinha (1993), que influenciam o comportamento do fogo.

Quadro 1 – Fatores que influenciam a eclosão/propagação do fogo

Fatores que influenciam a eclosão/Propagação do fogo	
Humidade relativa do ar	<ul style="list-style-type: none">- Devido ao controle do teor de humidade dos combustíveis, especialmente dos mais finos.- Tem uma importante central na ignição e no desenvolvimento da combustão, pois quando maior a humidade nos combustíveis, mais difícil a ignição e o desenvolvimento do incêndio.
Temperatura	<ul style="list-style-type: none">- Traduz o efeito da radiação solar e regula a dissecação da vegetação e a temperatura interna dos tecidos vegetais – influente como fator de ignição.- Influência sobre a humidade relativa do ar e sobre a humidade dos combustíveis mortos.

	Controla a propagação de dois modos:
	1 Através do oxigénio insuflado;
Velocidade do vento	2 Por transporte do calor para os combustíveis próximos, além da linha de fogo.
	Um gradiente térmico vertical não uniforme e um gradiente negativo da velocidade do vento facilita a convecção até elevada altitude, acelerando o afluxo de ar e aumentando a velocidade de combustão.
Estabilidade atmosférica	- Uma atmosfera instável favorece o crescimento do incêndio ao facilitar a ascensão dos gases da combustão e a entrada de ar pelas áreas laterais do incêndio transportando oxigénio ao mesmo tempo.

Fonte: Adaptado de Macedo & Sardinha (1993).

Existem, no entanto, outros fatores que também influenciam o comportamento do fogo. Assim, a altitude influencia a distribuição e a quantidade da vegetação. Relativamente à exposição, nas vertentes expostas ao quadrante Sul existem condições mais favoráveis para a progressão de um incêndio, na medida em que os combustíveis sofrem maior secura e o ar é também mais seco devido à maior quantidade de radiação solar incidente (DGF, 2002 *apud* Ferreira-Leite *et al.*, 2010). Já as formas do relevo influenciam uma vez que, afetam os ventos e a criação de microclimas próprios. Outra característica que merece ser realçada é o declive, pois quanto mais inclinada for a vertente, mais se dobram as chamas no sentido da propagação. Por esse motivo, o declive exerce grande influência no efeito das colunas de convecção, afetando, deste modo a velocidade de propagação (ENB, 2006). Segundo Viegas (2011), existe também um outro fator que não é referido “nos textos correntes”, que é fundamental para a descrição do comportamento do fogo. Trata-se da variável tempo, pois as características de propagação vão-se alternando ao longo do tempo.

Causas dos incêndios florestais

Há cerca de 7/8 mil anos o Homem sedentarizou-se e deixou de ser só recolector e caçador/pescador, para se tornar agricultor e criador de gado. Inicia-se então a prática da agricultura e da pastorícia e para tal eram necessárias grandes áreas de cultivo e de pasto. Para tal, o Homem utilizava o fogo como auxiliar na conquista de áreas desflorestadas, como refere Jorge Paiva (1996), e seguiu-se uma evolução regressiva da vegetação e a sucessivos incêndios para regenerar a flora forrageira (ENB, 2003). O Homem começa assim a modificar o meio que o rodeava e intensifica-se a sua relação com a floresta, como outrora não se tinha verificado. Assim sendo, no passado as causas poder-se-iam considerar naturais ou humanos, sendo estas últimas relacionadas com a sua proteção (afastar os animais); caça; limpeza terrenos para cultivo; fertilização dos solos e regeneração dos pastos.

No presente, “os fogos florestais resultam, em grande medida, de uma complexidade de situações que se desenrolam no meio geográfico e, por outro lado, é este mesmo meio geográfico que acaba por também sentir os seus efeitos” (Lourenço, 1995, p.167). Situações essas que se prendem com aumento da população rural envelhecida; fraca densidade populacional no interior de Portugal; absentismos dos proprietários florestais; extensa área florestal, devido a reflorestação e ao progressivo abandono dos campos; a uma floresta mal preparada e ordenada e o facto de a população percorrer cada vez mais as áreas florestais.

Relativamente à investigação propriamente dita das causas dos incêndios florestais, estas ocorrem desde 1989, através de uma amostragem dos incêndios ocorridos em espaços florestais.

Segundo Lourenço (1995), podemos subdividir as causas dos incêndios florestais em diretas e indiretas. As primeiras dizem respeito “ao fator que contribui para despoletar a combustão” e inclui a causa accidental, intencional e natural. Já as causas indiretas, são as mais difíceis de eliminar, tratando-se das principais responsáveis da existência de incêndios florestais.

Por forma a uniformizar a terminologia, a DGRF procedeu à codificação e definição das categorias das causas dos incêndios florestais. Contudo, a definição e codificação dessas causas em Portugal, tem vindo a sofrer vários ajustamentos. Entre 1996 e 2000, as causas eram catalogadas em 4 grandes categorias, sem referência a subtipos das categorias anteriores. De seguida, para uma maior precisão, em 2001, começam a ser consideradas seis categorias, assumindo as designações atualmente consideradas (Anexo I). Estas mudanças foram também

acompanhadas por um aparecimento de subtipos e dentro destes a divisão em comportamentos de causa (Lourenço *et al.*, 2012). Estas mudanças influenciam a forma como os resultados são apresentados, pelo que a investigação desenvolvida nesses anos, não terão uma coerência, que poderá dificultar a análise comparativa entre vários anos.

Segundo o JRC Science for Policy Report (2017), das ocorrências registadas em Portugal em 2016, a Guarda Nacional Republicana procedeu a investigação de 80%, dos quais 34% são intencionais, 45% são negligentes e apenas 1% são naturais (Figura 1).

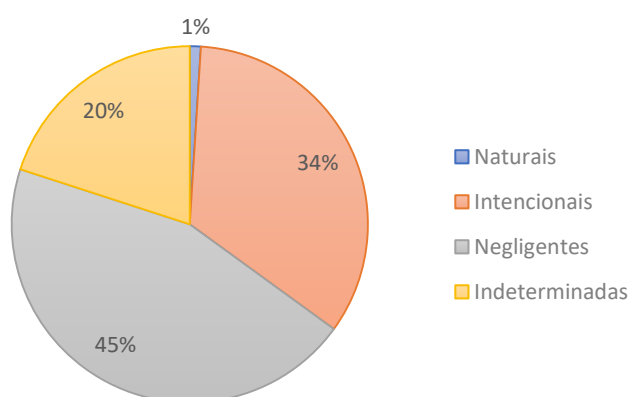


Figura 1 – Principais causas dos incêndios florestais em 2016
Fonte: Adaptado de JRC (2017)

No entanto, são vários os problemas relativos ao apuramento das causas de incêndios florestais, o principal prende-se com a validação da amostragem usada. Contudo, estas não são aleatórias, e, em muitos anos nem sequer são estatisticamente significativas, pelo que as percentagens indicadas só são válidas para os incêndios investigados, não permitindo a extrapolação para a totalidade dos incêndios ocorridos em Portugal. De realçar, também que o processo de investigação das causas não tem qualquer controlo de qualidade, não havendo uma coerência, a nível regional, da recolha de dados. Outra preocupação diz respeito às assimetrias relativas ao universo dos incêndios investigados em cada distrito (Bento-Gonçalves *et al.*, 2007). No que diz respeito à qualidade dos dados, é também relevante destacar a variabilidade de causas entre as diferentes regiões.

Consequências dos incêndios florestais

Existe já uma extensa pesquisa no âmbito dos efeitos dos incêndios sobre os ecossistemas, no que diz respeito ao ciclo do carbono e às emissões de gases com efeito de estufa, observando-se também um crescente interesse e produção científica relacionado com os efeitos do fogo sobre as propriedades dos solos (Vieira & Bento-Gonçalves, 2015).

A ocorrência de um incêndio tem uma série de efeitos quer na área ardida, quer em áreas adjacentes. O grau dos efeitos depende, em particular, da intensidade do incêndio, o qual, por sua vez, depende das condições meteorológicas, do combustível e da topografia. Assim sendo, os incêndios florestais têm consequências a vários níveis.

O efeito mais evidente do fogo é a destruição, pela combustão, de grandes volumes de materiais lenhosos e de vegetais, no entanto existe efeitos sobre as plantas, animais e solo menos evidentes, alguns dos quais não se revelam imediatamente ou que são mais difíceis de detetar, constituindo “ações deletéria” ou alterações de natureza física, química e biológica sobre os elementos (Macedo & Sardinha, 1993). Assim sendo, quando falamos de impactes do fogo poderemos, segundo Lourenço (1990), separa-los em dois grupos distintos: os que são imediatos ao incêndio e aqueles que lhe são subsequentes. Esquemáticamente apresentam-se então, cada um deles, tendo sempre em consideração às características de cada incêndio:

Quadro 2 - Impactes imediatos e subsequentes ao incêndio

Impactes imediatos ao incêndio	
Vegetação	Efeitos sobre as árvores:
	✓ na base do tronco; nos ramos; nas raízes e nas folhas;
	Efeitos sobre a vegetação arbustiva, subarbustiva e herbácea;
	Combustão de enormes volumes de materiais lenhosos e de vegetais;
Clima	Formação de densas colunas de fumo:
	✓ poluição do ar;
	✓ atmosfera irrespirável;

Solo	<ul style="list-style-type: none"> - Textura; porosidade; permeabilidade estrutura e agregação; - Infiltração e movimento da água no solo; escorrência; - Temperatura; humidade; - Matéria orgânica: (decomposição, mobilização do azoto, etc).
Impactes Subsequentes ao incêndio	
Efeito sobre as árvores:	
Vegetação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ataques de doenças e pragas; ✓ corte e remoção dos troncos; ✓ redução no crescimento; ✓ alterações nas espécies (reflorestação); <p>Efeitos sobre vegetação arbustiva, subarbustiva e herbácea (pastagens):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ rebentação escalonada; ✓ eventual aparecimento de novas espécies.
Clima	<p>Alterações locais do clima e, em especial, no microclima florestal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ na temperatura do ar (máxima e mínima); ✓ na humidade relativa do ar (máxima e mínima); ✓ aumento da velocidade do vento.

Fonte: Adaptado de Lourenço (1990).

No que à **vegetação** diz respeito, segundo Mataix-Solera & Cerdá (2009), o fogo provoca a súbita eliminação da cobertura vegetal, no entanto, existe também a queda de sementes que irá garantir a recolonização da mesma. É de realçar, contudo que após um incêndio as primeiras plantas a surgirem e a colonizarem o espaço afetado são as plantas invasoras, plantas essas mais adaptadas ao fogo (direta ou indiretamente) geram-se formações monoespecíficas ou de pequena variedade e com a mesma idade (pois a reflorestação natural é feita ao mesmo tempo com a chegada do período húmido). Assim sendo, a expansão rápida destas espécies, irá contribuir além da evidente perda de biodiversidade, ao aumento da suscetibilidade de ocorrência de novos incêndios (Filipe & Serralha, 2015).

Relativamente às consequências **climáticas**, um incêndio tem um efeito duplamente negativo ao nível das emissões, na medida que origina a libertação de gases com efeito estufa, como reduz a capacidade de absorção e armazenamento de CO₂. Com o desaparecimento da

cobertura vegetal desaparece também um dos principais emissores de humidade para a atmosfera (Filipe & Serralha, 2015). Poderá também levar a alterações dos microclimas, principalmente junto ao solo. Verifica-se também uma amplitude térmica que aumenta consideravelmente, enquanto que as humidades relativas decrescem (Lourenço, 1987).

Também os efeitos **socioeconómicos** deverão ser tidos em conta, no entanto segundo Lourenço (1992), os efeitos de natureza social, económica e cultural, serão talvez aqueles que têm registado um menor número de contribuição para o seu estudo.

São diversos os **impactes económicos**, em consequência dos incêndios florestais, e em norma geral, podem-se dividir em dois conjuntos: as que ocorrem como consequência e resposta aos incêndios e aqueles relacionados com a antecipação dos incêndios florestais. As primeiras devem-se a exposição direta e indireta nos bens durante o incêndio, incluindo-se a perda de bens e serviços florestais (madeira, áreas recreativas, a beleza envolvente, etc) de propriedades; infraestruturas (linhas de alta tensão, linhas ferroviárias); perdas humanas; entre outros. Por outro lado, temos também os custos relacionados com a antecipação, normalmente utilizadas na prevenção dos fogos (Biro & Mavsar, 2009). Em termos **sociais**, podemos realçar, os efeitos provocados na saúde humana causados pelo fumo e pelo *stress*; a interrupção do fornecimento de energia elétrica; problemas no abastecimento de água; queima da produtividade agrícola devido à desidratação do solo e perda de nutrientes; aumento dos preços dos alimentos, entre outros (Dias, 2009).

O impacto do fogo sobre os **solos** pode afetar grandemente o funcionamento do ecossistema subterrâneo, pois o calor do fogo pode alterar uma variedade de propriedades biológicas, físicas e químicas do solo (Stoof, 2011).

Assim sendo, prestaremos de seguida, uma especial atenção aos efeitos dos incêndios florestais no solo e nas suas propriedades.

Efeitos dos incêndios florestais no solo

O estudo dos efeitos dos incêndios florestais sobre os ecossistemas, em particular sobre o funcionamento dos solos, constitui uma linha de investigação a que se tem prestado bastante atenção em todo o mundo, dada a sua relevante incidência ambiental do fenómeno (González-Vila; Almendros, 2011).

Segundo Costa (1985) pode definir-se o **solo** como o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres, tal como se formou, ou mais ou menos modificado como resultado da sua utilização pelo Homem. O solo é um componente importantes da sustentabilidade do ecossistema, porque ele fornece ar, água, nutrientes e suporte mecânico de suporte para as plantas (DeBano *et al.*, 2005).

O incêndio pode afetar o solo de três formas distintas: pela exposição, deixando o solo a descoberto; pelo aquecimento e pela libertação de nutrientes. O grau de aquecimento do solo durante o incêndio é variável e depende do tipo de combustível (vegetação herbácea, arbustos e árvores), da intensidade do fogo, da natureza da camada orgânica (espessura e conteúdo de humidade), e das propriedades do solo (matéria orgânica, teor de humidade, textura) (Batista *et al.*, 1998).

O solo é formado por partículas orgânicas e inorgânicas (Arcenegui, 2011). A matéria orgânica é constituída por restos de plantas e outros organismos, em estado mais ou menos avançado de alteração, incluindo substâncias no estado coloidal. Já no que diz respeito à matéria mineral sólida pode incluir, em várias porções, fragmentos de rocha e minerais primários e minerais de origem secundária (Costa, 1985). Uma boa estrutura do solo favorece muitos poros por onde o ar e água circulam e favorece um melhor intercambio de elementos com as raízes das plantas. Se a estrutura é pobre produz um aumento da escorrência e a perda do solo (Arcenegui, 2011). Os efeitos do incêndio no solo não podem ser completamente avaliados sem o papel que a matéria orgânica tem no funcionamento e sustentabilidade do ecossistema do solo, pois esta é o constituinte mais importante do solo (DeBano *et al.*, 2005).

Assim, os incêndios florestais danificam a camada de manta morta e o mato rasteiro, levando a uma mudança da vegetação e da estrutura da parte superior do solo. Os mesmos no norte e centro de Portugal consomem as camadas L e F e, quando presente, a camada H orgânica, assim como a maioria da vegetação (Figura 2). Assim, alguns nutrientes são volatilizados e grandes

quantidades de nutrientes são mineralizados e os minerais do solo são expostos ao impacto das gotas da chuva, aumentando a erosão e a escorrência e diminuindo a infiltração (Shakesby *et al.*, 1993b; Walsh *et al.*, 1994). Esta mobilização de nutrientes ocorre nos primeiros eventos chuvosos outonais, e como tal, a exportação dos sedimentos e dos nutrientes, normalmente acontece nos primeiros 4/6 meses após os incêndios (Vieira & Bento-Gonçalves 2015)

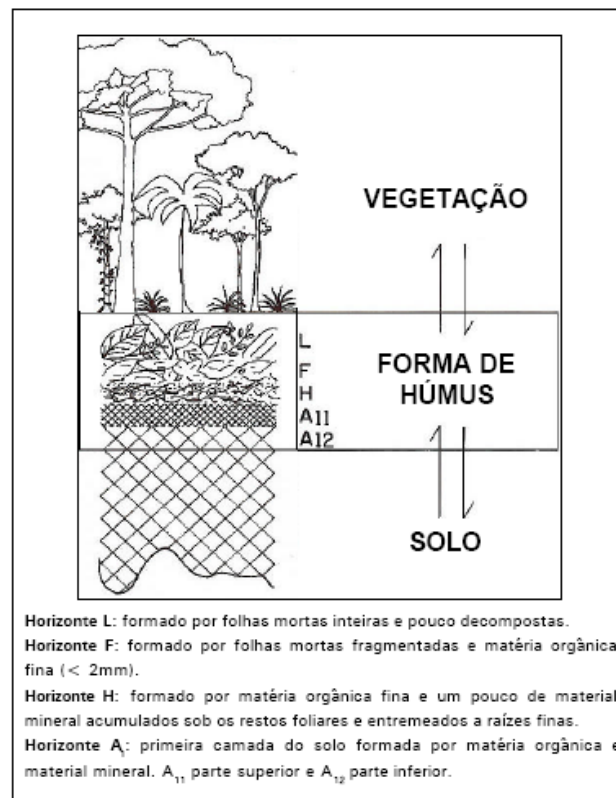


Figura 2 – Esquema representativo da interação vegetação/solo
 Fonte: Kindel *et al.* (2003)

Úbeda & Outeiro (2009), fazem um apanhado do estudo que veio a ser desenvolvido ao longo do tempo sobre esta temática. Segundo estes, primeiras literaturas científicas sobre os efeitos do incêndio nas propriedades do solo data dos anos 1930, altura em que vários autores, como por exemplo Herbert Stoddard, encorajavam o uso do fogo controlado na criação de ambientes saudáveis e produtivos. Essas primeiras referências na literatura sobre efeitos do solo são providenciadas por Greene (1934), seguido de Heyward (1937/1938) e Wahlenberg (1935).

Os incêndios têm efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que geralmente dependem da severidade do incêndio. As mudanças podem ser a curto ou longo prazo, podendo os mesmos ser permanentes ou irreversíveis, dependendo, pois, do tipo de solo e da severidade do incêndio, como já vem sido referido. Assim, os efeitos diretos devem-se sobretudo

ao aquecimento produzido nos primeiros centímetros superficiais do solo, enquanto que os efeitos mais indiretos estão relacionados com a eliminação temporal de toda a parte da cobertura vegetal, da camada de cinzas incorporada nos solos, entre outros (Arcenegui, 2011).

O grau de **severidade** do fogo descreve a resposta do ecossistema ao fogo e pode ser utilizada para descrever os efeitos do fogo no solo, na água, na flora e fauna, atmosfera e sociedade. Mais especificamente é a resposta a quantidade de energia (calor) libertada pelo fogo e frequentemente reflete a intensidade do fogo (Úbeda & Outeiro, 2009). A mesma é geralmente considerada baixa, média e alta. Ryan & Noste (1985) e DeBano *et al.* (1998), desenvolvem uma forma de relacionar a resposta dos recursos ao processo de queima:

- ✓ Severidade Baixa – Menos de 2% de área é severamente queimada, menos do que 15% é moderadamente queimada e o restante da área está pouco queimada ou não ardeu.
- ✓ Severidade Moderada – Menos do que 10% da área está severamente queimada, mas mais de 15% é moderadamente queimada e a restante área está pouco queimada ou não ardeu.
- ✓ Severidade Alta – Mais de 10% da área tem sítios que está muito severamente queimada, mais de 80% é severamente ou moderadamente queimada e a restante área está pouco queimada.

As **propriedades físicas do solo** são aquelas características, processos ou reações de um solo causado por forças físicas que podem ser descritas ou expressadas em termos físicos ou equações (Soil Science Society of América, 2001). Em geral, a maioria dos incêndios não causa aquecimento do solo suficiente para produzir mudanças significativas nas propriedades físicas do solo, no entanto qualquer mudança é importante. Os efeitos nas propriedades físicas do solo estão significativamente ligados com a quantidade de matéria orgânica, que é essencial para manter a estrutura do solo consumida pelo fogo (Úbeda & Outeiro, 2009).

- ✓ Textura: “entende-se como a proporção relativa, em tal horizonte ou camadas de lotes constituídos por partículas minerais de dimensões compreendidas entre certos limites” (Costa, 1985, p.45). A escala recomendada pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo consiste em cinco frações de texturas (Osman, 2013):

- Pedras – com diâmetro maior que 20 mm;
- Cascalho – diâmetro de 20 a 2 mm;
- Areia – de diâmetro de 2 a 0,02 mm;
- Limo/Silte – com diâmetro de 0,02 a 0,002 mm;
- Argila – com diâmetro menor que 0,002 mm.

Relativamente ao efeito do incêndio, este não altera significativamente a textura do solo, pois um terreno mantém a sua composição (Macedo & Sardinha, 1993). Já DeBano *et al.*, 2005) afirmam que os componentes da textura do solo tem limiares de alta temperatura e geralmente não são afetados pelo fogo, a menos que sejam submetidos a altas temperaturas na superfície do solo mineral.

- ✓ **Porosidade e Permeabilidade do solo:** “pode definir-se por porosidade como a razão do volume ocupado pelas fases líquidas e gasosas e do volume aparente do solo” (Costa, 1985, p.346).

No que diz respeito aos efeitos provocados “Os fogos aumentam geralmente o número de macroporos(não capilares), sem todavia alterar substancialmente a porosidade total do solo. A diminuição dos microporos, retentores de água, provoca um consequente aumento da permeabilidade” (Macedo & Sardinha, 1993, p.260).

- ✓ **Densidade aparente do solo:** A densidade aparente do solo é a razão da massa da parte sólida de um dado volume aparente no solo (volume ocupado pelas partículas sólidas mais o volume ocupado pelos interstícios ou poros) e da massa de igual volume de água (Costa, 1985).

A densidade aparente do solo geralmente aumenta após a ocorrência do incêndio (Hubbert *et al.*, 2006). As mudanças que o fogo provoca na densidade aparente não é imediata, no entanto vários incêndios num dado período de tempo (recorrência) podem provocar mudanças significativas na estrutura do solo e noutras propriedades relacionadas como a densidade aparente (Úbeda & Outeiro, 2009).

As **propriedades químicas do solo** (*e.g.*, pH; reatividade e conteúdos minerais) formam-se pela diversidade de elementos que compõem o solo. Num solo, a matéria mineral e matéria orgânica constituem parte importante deste. Os elementos que constituem o solo podem desencadear diversas reações químicas, levando a alteração do grau de nutrientes do solo, potenciado pela acidez, oxidação e troca iónica (Brady & Weil, 2013).

Todas as propriedades são apenas uma parte de um complexo sistema que o solo. No entanto, o conhecimento dos efeitos dos fogos no solo, são considerações importantes no uso do fogo como uma ferramenta de gestão.

Capítulo II - Caracterização da área de estudo

Enquadramento geográfico

A área de estudo encontra-se localizada no município de Fafe, na freguesia de Quinchães, mais precisamente, junto ao limite com a freguesia de São Gens, a norte da freguesia (Figura 3).

O concelho de Fafe situa-se na NUTS II norte de Portugal, e é parte integrante dos municípios do Ave. Este possui uma área total de cerca de 219,08 km² (21908,64 ha) e é constituído por 25 freguesias.

O município encontra-se limitado pelos seguintes municípios:

- ✓ a norte, os concelhos de Guimarães, Póvoa de Lanhoso e Vieira do Minho;
- ✓ a sul, os concelhos de Guimarães, Felgueiras e Celorico de Basto;
- ✓ a este, os concelhos de Cabeceiras de Basto e Celorico de Basto;
- ✓ a oeste, o concelho de Guimarães.

O Município de Fafe pertence à área de abrangência da Direção Regional de Florestas do Norte e, na Lei orgânica do ICNF, insere-se na Unidade de Gestão Florestal do Minho (UGFM), correspondendo à área definida no respetivo Plano Regional de Ordenamento Florestal do Baixo Minho (PROFBM) (PMDFCI de Fafe, 2014).

Os mapas de localização do concelho de Fafe estão nas Cartas Militares nos 58, 71, 72, 85, 86, 99 e 100 e encontram-se à escala 1:25 000.

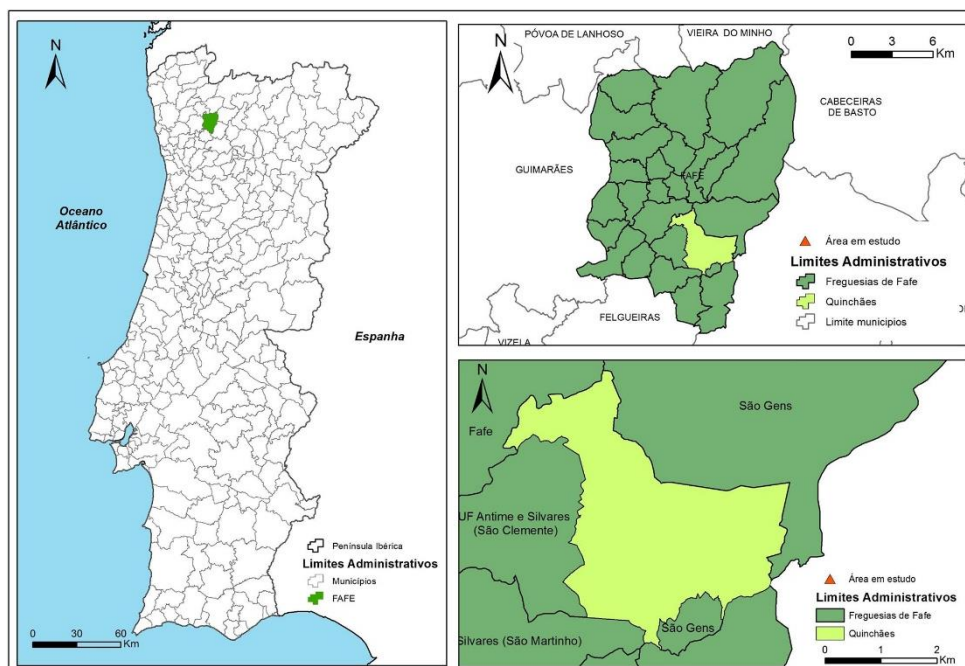


Figura 3 – Enquadramento geográfico da área de estudo

Caracterização física da área de estudo

O concelho de Fafe é um território que se engloba no Noroeste de Portugal Continental, e que apresenta, de forma genérica, as características próprias e marcantes do ponto de vista geomorfológico, climático, hidrológico, biogeográficos e humanos, desta região.

Clima

De acordo com Pyne *et al.* (1996) o clima determina de uma forma muito importante a quantidade e o tipo de vegetação de cada região e a dinâmica sazonal do seu teor de humidade, influenciando direta e indiretamente a ocorrência de fogos florestais e respetiva propagação. Desta maneira, o aumento da temperatura facilita a propagação de incêndios, criando uma maior dificuldade no seu combate. Este é um dos fatores que faz com que os meses de verão sejam mais favoráveis à progressão de incêndios florestais.

O concelho de Fafe caracteriza-se por um clima de afinidades mediterrâneas, com temperaturas amenas, pequenas amplitudes térmicas e forte pluviosidade, resultado da influência atlântica. A precipitação é, sem dúvida, o elemento climático de referência na região. A altitude e orientação do relevo contribuem, localmente, para uma acentuada assimetria na distribuição da precipitação Costa (2010).

Os valores médios mensais da temperatura do ar variam entre os 8,7 °C e 20,4 °C em janeiro e julho, respetivamente; atingindo uma temperatura média mínima do mês mais frio de 4,3°C em janeiro e uma média mínima do mês mais quente de 13,7 °C, em julho. Relativamente a temperatura média máxima, esta varia entre 13,2°C em janeiro e os 27,4 °C em agosto, sendo o valor médio máximo anual de 20 °C (Figura 4).

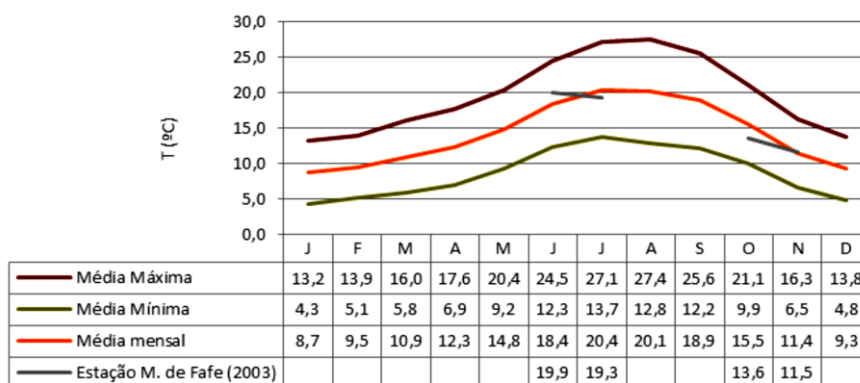


Figura 4 - Temperaturas médias do ar (mensal, máxima e mínima) e média mensal em 2003
Fonte: PDM de Fafe (2015)

Caracteriza-se também por um clima de forte pluviosidade média relacionada com a passagem de superfícies frontais e o efeito orográfico. Os quantitativos médios anuais variam entre os 1.200 e os 2.000mm variando os máximos entre os 1.600mm e os 2.000mm, ocorrendo na parte ocidente do concelho, e os mínimos, entre os 1.200mm e os 1.400mm registando-se mais a norte e nordeste do concelho (PDM de Fafe, 2015).

Considerando a informação meteorológica relativa à estação de Braga e segundo a Figura 5 podemos observar que a época em que se regista os máximos de precipitação mensal corresponde aos meses de inverno, isto é, de novembro a março, sendo notória uma descida da precipitação no mês de fevereiro.

Nos meses de outubro a janeiro, a precipitação é superior a 150mm mensais, o que favorece o crescimento dos combustíveis finos, passando a existir mais combustíveis para potencialmente poderem arder no verão. É nos meses de julho e agosto que ocorrem os mínimos de precipitação, podendo considerar-se estes dois meses como o período hidrologicamente seco, o que conjugado com as temperaturas, favorece a progressão dos incêndios e, consequentemente, dificulta o seu combate.

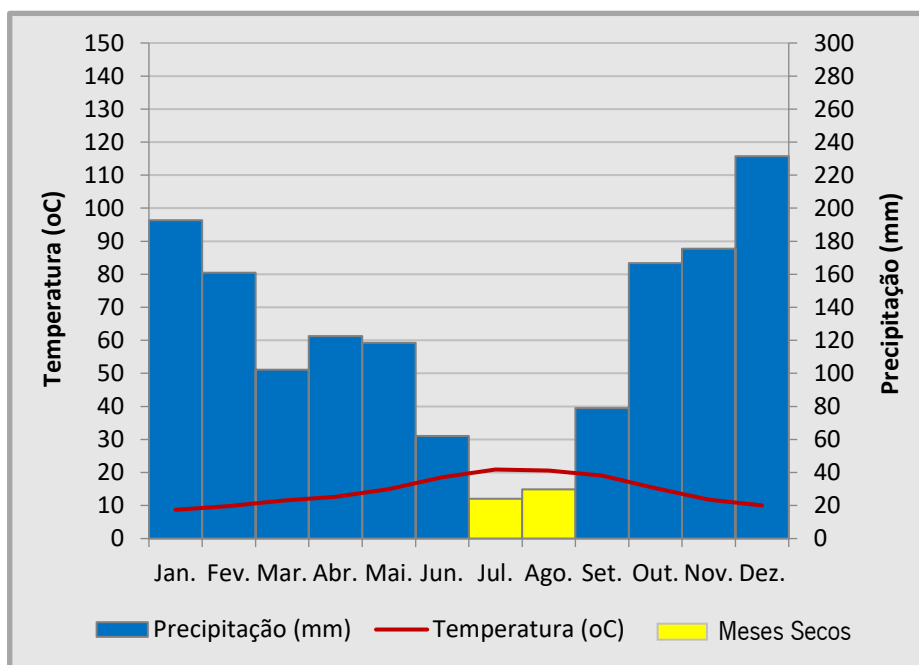


Figura 5 - Gráfico Termopluviométrico de Braga

Fonte: Elaboração própria, com base nas Normais Climatológicas do IPMA (1981-2010)

Geologia

Aspetos fundamentais da paisagem física e humana estão profundamente marcados pela litologia, refletida nas formas do terreno, na natureza dos solos, no escoamento superficial, nas reservas subterrâneas de água, na vegetação e na atividade agrícola (PDM de Fafe, 2015).

O concelho de Fafe encontra-se distribuído em termos de levantamento geológico pelas cartas 5-D (Braga), 6-C (Cabeceiras de Basto), 9-B (Guimarães) e 10-A (Celorico de Basto).

A principal unidade geológica do concelho de Fafe é de natureza granítica e granodiorítica, a qual aflora em cerca de 95% do território.

Litologia

Rochas granitóides hercínica

As rochas graníticas representam cerca de 95% do território concelhio distribuídas por vários tipos de granitos cuja intrusão ocorreu durante ou após a terceira fase de deformação hercínica. Assim sendo, estas compreendem os seguintes tipos litológicos (Figura 6):

✓ Granitóides sin-tectónicos

Granito porfiróide de grão grosseiro, de duas micas, essencialmente biotítico – é designado de granito de Guimarães e é a segunda unidade geológica mais relevante no concelho localizando-se numa mancha extensa a sul orientado na direção NW-SE (freguesias de Regadas, Seidões, Ardegão, Arnozela, Quinchães, a este de São Gens, sudeste de Moreira do Rei, Silvaes São Martinho, Silvaes São Clemente, Armil, Antime, a este de Fareja, sul de Cepães, e oeste de Arões Santa Cristina e Arões São Romão) e no extremo nordeste, também orientado na direção NW-SE (parte este das freguesias de Aboim e Várzea Cova) (PDM de Fafe, 2015).

✓ Granitóides tardi-tectónicos

Monzogranito de duas micas, com tendência porfiróide, de grão fino - ocorre na freguesia de Fafe prolongando-se para sul, na freguesia de Antime, Quinchães e Armil, para norte uma faixa estreita para a freguesia de Fornelos, Golães e ainda uma pequena parte em Passos. Ocorre ainda um pequeno maciço na freguesia de Freitas, próximo de Santa Marinha (PDM de Fafe, 2015).

✓ **Granitóides tardi a pós-tectónicos**

Granito de grão fino com duas micas essencialmente biotítico – denominado Granito de Fafe, localiza-se próximo da Pedreira. A este do concelho, individualizam-se pequenas manchas de granito de uma fácies monzogranítica de duas micas, com predomínio de biotite e de textura mais fina que a do granito de Moreira do Rei. Este tipo de granito ocorre ainda a sudeste, nas freguesias de Seidões, São Gens e Quinchães. A oeste, nas freguesias Passos, Golães, Arões de São Romão, Arões Santa Cristina, Freitas, Vinhos e a ocidente das freguesias Fornelos e Fafe (PDM de Fafe, 2015).

Monzogranito porfiróide de grão médio, essencialmente biotítico – é o tipo de granito mais frequente no concelho (ocupa cerca de 60% do território), Granito de Moreira de Rei e localiza-se a norte (Moreira de Rei-Felgueiras-Serra do Maroiço-Agrela-Serafão-Passos-Vinhós-Estorãos) e enquadra a parte central, faz parte de uma mancha que se estende até concelhos de Guimarães, Braga e Ponte de Lima (PDM de Fafe, 2015).

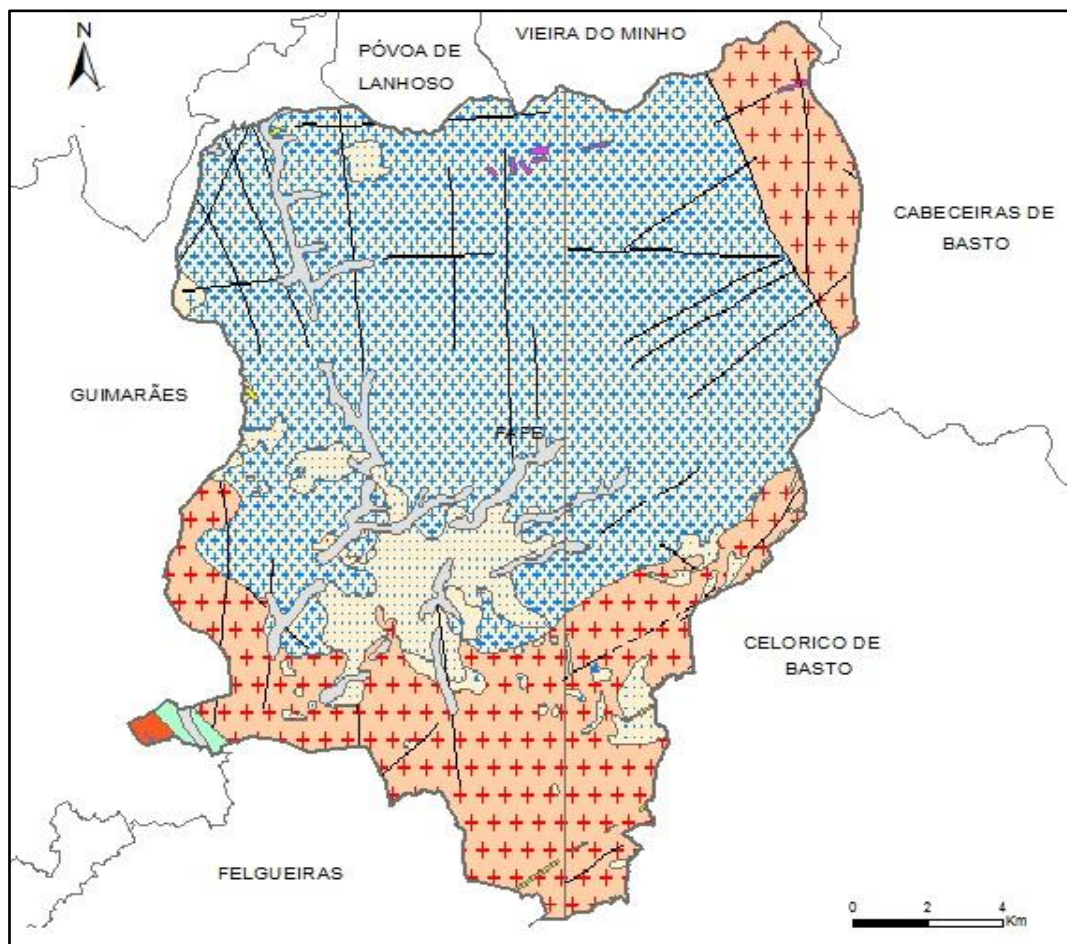


Figura 6 – Mapa geológico de Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da IGEO.

CARTA GEOLÓGICA

LEGENDA

Depósitos de cobertura

Holocénico  Aluviões



Metassedimentos do Paleozóico

Slúrico-Devónico

Terrenos		Unidade de Vila Nune: quartzofilitos
Alóctones		Unidade de Vila Nune: xistos e metagrauvaques

Rochas Granitóides Hercínicas (sin-orogénicos)



Tardi a Pós-tectónicas

	Granito de grão fino com duas micas essencialmente biotítico
	Monzogranito porfiróide de grão médio, essencialmente biotítico







Tardi-tectónicas

	Monzogranito de duas micas, com tendência porfiróide, de grão fino
---	--















Sin-tectónicas

	Granito porfiróide de grão grosseiro, de duas micas, essencialmente biotítico
	Granodiorito porfiróide, orientado, biotítico, com grandes megacristais de feldspato potássico (Granodiorito de Felgueiras)

Filões e massas

	Filões de rochas básicas
	Filões e massas de aplitos não deformados
	Filões e massas de aplopegmatitos não deformados
	Filões e massas de dolerito
	Filões e massas de pegmatitos não deformados
	Filões e massas de quartzo

Sinais Convencionais

	Limite geológico		Charneira inclinada F3		Castro
	Limite geológico gradativo		Diaclase inclinada		Mamoá
			Diaclase_vertical		Pedreira
	Falha		Estratificação inclinada		Ponte romana
	Falha provável		Fluxo magmático		
	Falha oculta		Zona de cisalhamento		

Geomorfologia

Passamos então à caracterização do relevo, este será realizado mediante a análise da altitude, dos declives e a orientação das vertentes em relação ao sol. Tal é importante, uma vez que a distribuição das plantas e a progressão dos incêndios são indiretamente influenciadas pelo relevo.

Hipsometria

Relativamente à altitude, esta influencia a distribuição e a quantidade de combustível, que por sua vez vai diminuindo com o aumento da mesma (CBMERJ, 2004). A hipsometria de um terreno apresenta também uma grande influência na temperatura e humidade do ar, na precipitação, no vento e na vegetação, atuando desta forma indiretamente no comportamento dos incêndios florestais (PMDFCI de Fafe, 2014).

Neste concelho, segundo o PDM de Fafe (2015), podem encontrar-se duas áreas distintas: uma intermédia ou de meia encosta, com altitudes compreendidas entre os 100 e os 400 metros, de transição entre o litoral e o interior montanhoso e uma serrana ou de montanha, com altitudes médias superiores a 400 metros, onde as terras altas e declivosas encontram-se sujeitas a forte erosão. Assim a morfologia do concelho de Fafe é, essencialmente, dominada pelas serras de Fafe e do Maroiço, atingindo as altitudes mais elevadas na Serra do Marco (Povoação, São Gens), com 851 metros, o Maroiço (São Miguel do Monte), com 834 metros, e o Morgair (Gontim), com 893 metros.

Analisando o mapa hipsométrico do concelho de Fafe (Figura 7) podemos verificar que predominam altitudes compreendidas entre os 301 - 700 m (78%), seguido dos 201 - 300 m (10%) e dos 701 – 800 m (9%). As classes com altitudes menos representativas são as que se encontram nos extremos, ou seja, as que têm altitudes inferiores a 200 m (1%) e as que têm altitudes superiores a 801 m (2%). Mais especificamente no local em análise, identificada no mapa por um triângulo a laranja, predominam altitudes compreendidas entre 600-700m.

Em suma, o concelho caracteriza-se pelo desenvolvimento diferente da expressão de montanha nas áreas Leste e Oeste e pelo contraste entre essas linhas de relevos e as áreas baixas que entre elas se intercalam (PMDFCI de Fafe, 2014).

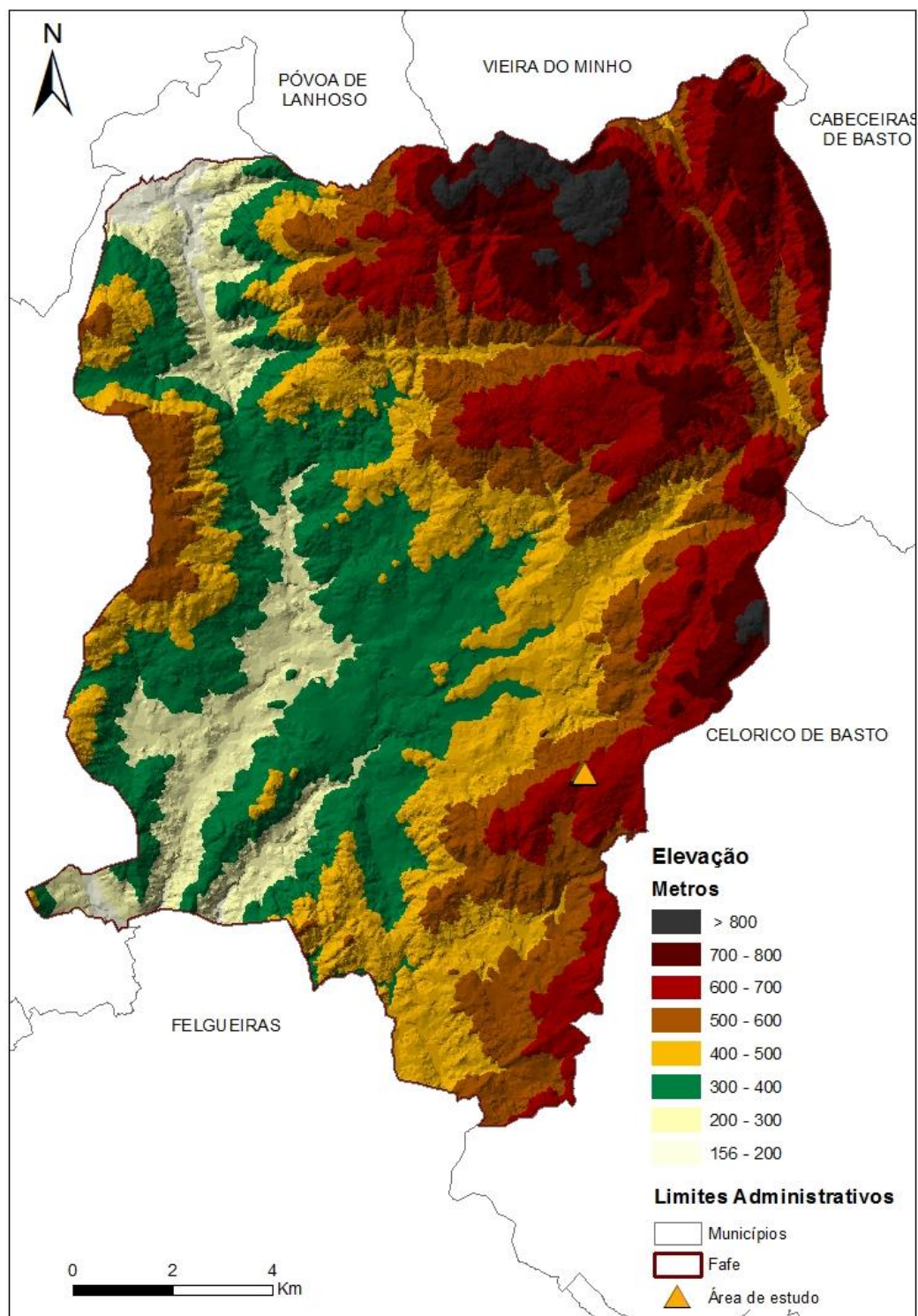


Figura 7 – Mapa hipsométrico de Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da DGT

Declive

O declive é o parâmetro mais importante do relevo, no que diz respeito às características de um incêndio, uma vez que as condiciona fortemente. Quanto maior for o declive do terreno, maior é a proximidade da chama relativamente aos combustíveis que se situam acima, numa progressão do incêndio em sentido ascendente. Esta maior facilidade de progressão traduz-se nas características da chama, a qual adquire maiores dimensões, e maior velocidade de progressão do fogo (DGF, 2002 *apud* Ferreira-Leite *et al.*, 2010).

No município de Fafe os declives mais acentuados, superiores a 20% localizam-se nas encostas das principais áreas montanhosas. Estas correspondem a vales de entalhe profundo onde o principal uso é florestal e, pontualmente, a áreas socalcadas para usos agrícolas. As classes menos declivosas correspondem ao desenvolvimento da bacia hidrográfica do Ave, onde os cursos de água percorrem vales menos encaixados e se identificam áreas aluvionares (PDM Fafe, 2015).

Analisando o mapa de declives (Figura 8), podemos verificar que no município predominam declives compreendidos entre os 5 e 15 graus, representando 53% do território em análise, seguindo-se áreas com declives inferiores a 5 e as compreendidas entre os 15-20 graus com 18 e 16%, respetivamente. Com menor representatividade encontra-se as áreas com declives superiores a 20 graus com 13%. Na área de estudo podemos encontrar declives mais elevados junto da linha de cumeada, superiores a 15 graus que vão diminuindo à medida que nos afastamos da mesma.

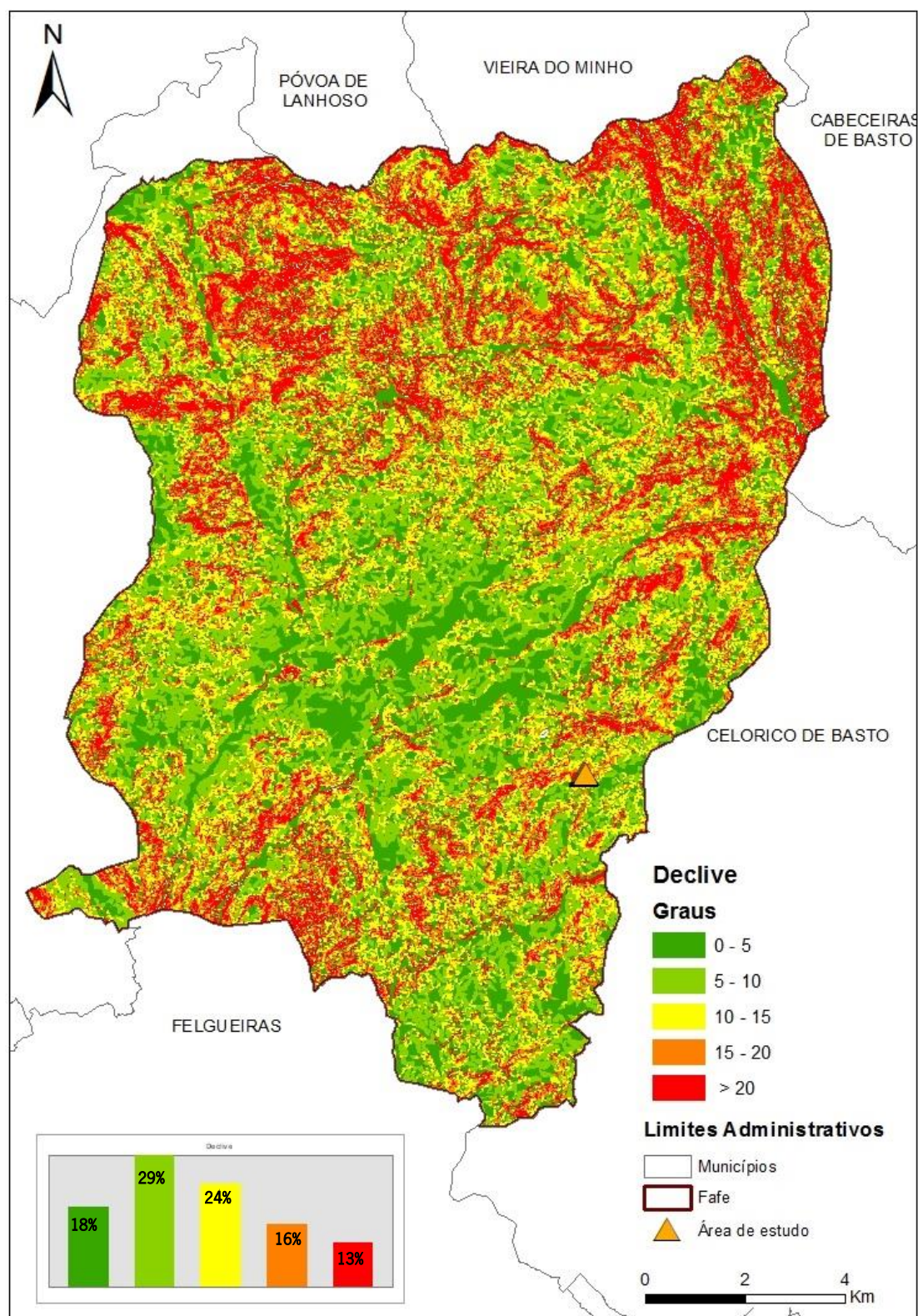


Figura 8- Mapa de declives de Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da DGT

Exposição das vertentes

É de realçar o efeito do fator exposição no que toca às características de um incêndio, uma vez que as exposições a sul apresentam, normalmente, condições mais favoráveis à progressão de um incêndio, na medida em que os combustíveis sofrem maior dessecação e o ar é também mais seco devido à maior quantidade de radiação solar incidente (DGF, 2002 *apud* Ferreira-Leite *et al.*, 2010). Para as latitudes de Portugal, de um modo geral, as vertentes com exposição a sul e sudoeste são mais favoráveis à rápida inflamação e propagação do fogo. Contrariamente às vertentes voltadas a norte (umbrias) e nordeste que, detendo maiores teores em humidade, ardem mais lentamente e atingem temperaturas inferiores (Almeida *et al.*, 1995).

Da análise do mapa (Figura 9) verifica-se que as vertentes orientadas a oeste predominam no concelho (16%), seguindo-se as voltadas a noroeste (15%), e as voltadas a sul e sudoeste 28% (cada quadrante ocupa 14%). As áreas com orientação a norte representam 10% assim como as voltadas a este (10%).

Em suma as vertentes mais soalheiras (sul, sudoeste, sudeste e oeste) predominam no concelho, com uma ocupação em 57% do território, enquanto as vertentes mais sombrias e húmidas (norte, nordeste, noroeste e este) ocupam 43%.

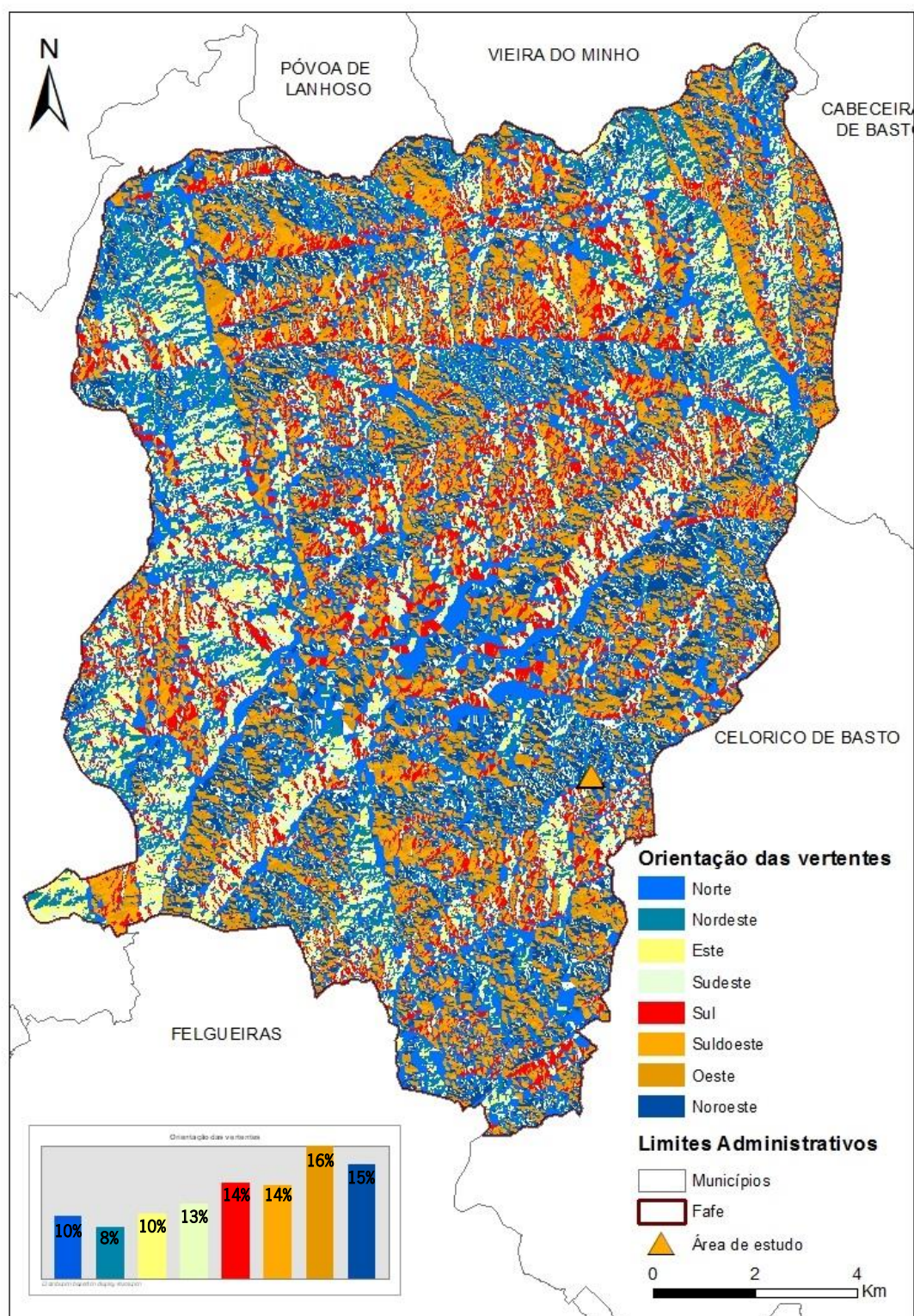


Figura 9 – Mapa de exposição de vertentes de Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da DGT

Tipo de solo

Na área de estudo temos o predomínio dos Regossolos e Antrossolos.

Regossolos são “solos de materiais não consolidados, com exclusão de materiais com textura grosseira ou com propriedades flúvicas ...” (DRAEDM, 1995, p. 46).

Antrossolos são “solos que, pela atividade humana, sofreram uma modificação profunda por soterramento dos horizontes originais do solo ou através de remoção ou perturbação dos horizontes superficiais, cortes ou escavações, adições seculares e materiais orgânicos, rega contínua e duradoura, etc” (DRAEDM, 1995, p.39).

No entanto, para classificar os solos, temos também de ter em conta a unidade-solo, a sub-unidade e os materiais que lhe deram origem. Assim sendo, na área de estudo podemos encontrar as seguintes unidades pedológicas:

- ✓ RGuo.g - Regossolos (RG) úmbricos(u) espessos(o), em rególitos de granitos(g);
- ✓ ATcd.g – Antrossolos (AT) cumúlicos(c) dístrico (d) em granitos e rochas afim(g);
- ✓ ATcd.x - Antrossolos (AT) cumúlicos(c) dístrico (d) em xistos e rochas afim(x).

Observando a Figura 10, podemos verificar que os antrossolos situam-se juntos das áreas urbanizadas, enquanto que, os regossolos envolvem os solos anterior e encontram-se mais nos limites do município. Verifica-se a presença residual de flúviossolos, numa pequena mancha situada no limite norte do município.

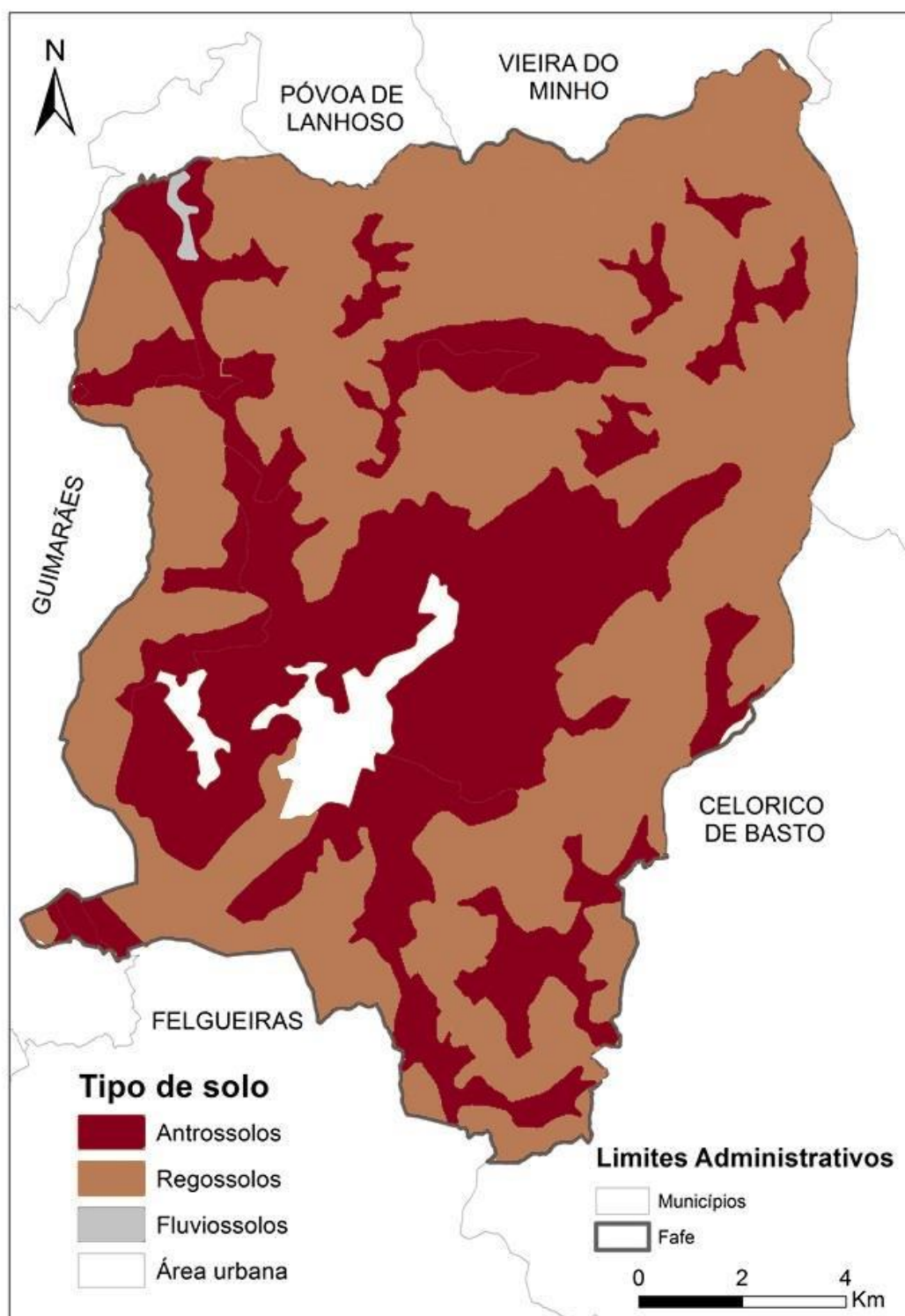


Figura 10 – Mapa do tipo de solo em Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da DRAEDM

Uso e Ocupação do Solo

O estudo do uso do solo tem relação direta com a problemática do risco de incêndio. A sua caracterização permite avaliar, tanto as áreas de risco de incêndio devido à carga de combustível, como identificar as áreas de perigo devido à presença humana (PMDFCI de Fafe, 2014).

Visualizando as Figura 11 e 12, denota-se um claro predomínio de áreas de espaços florestais com 68%, seguindo-se das áreas agrícolas que surgem com uma ocupação de 21% do concelho. Segundo o PDM de Fafe (2015), sobressaem as culturas temporárias (14,43%), seguindo-se as áreas agrícolas heterogêneas (7,98%) e as culturas permanentes (1,18%). As áreas de pastagem permanente correspondem apenas 0,01% do território.

Os territórios artificializados representam 11% da ocupação do solo, correspondendo segundo o PDM de Fafe (2015), em grande parte a tecido urbano contínuo e descontínuo (6,40%) e a indústria e transportes (3,82%). Os restantes usos de carácter social têm menor expressão: os espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, com 0,21%, e as áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e áreas de construção, com 0,18%. Por último, relativamente as águas, a sua representatividade no concelho é muito reduzida correspondendo essencialmente às principais superfícies aquáticas: a barragem de Queimadela e cursos de água.

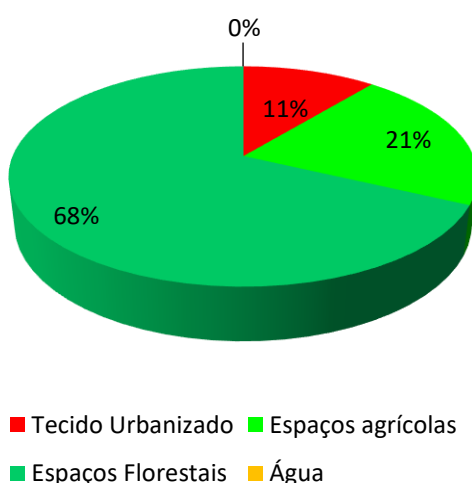


Figura 11 – Uso e ocupação do solo e sua percentagem em Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base informação da COS2007

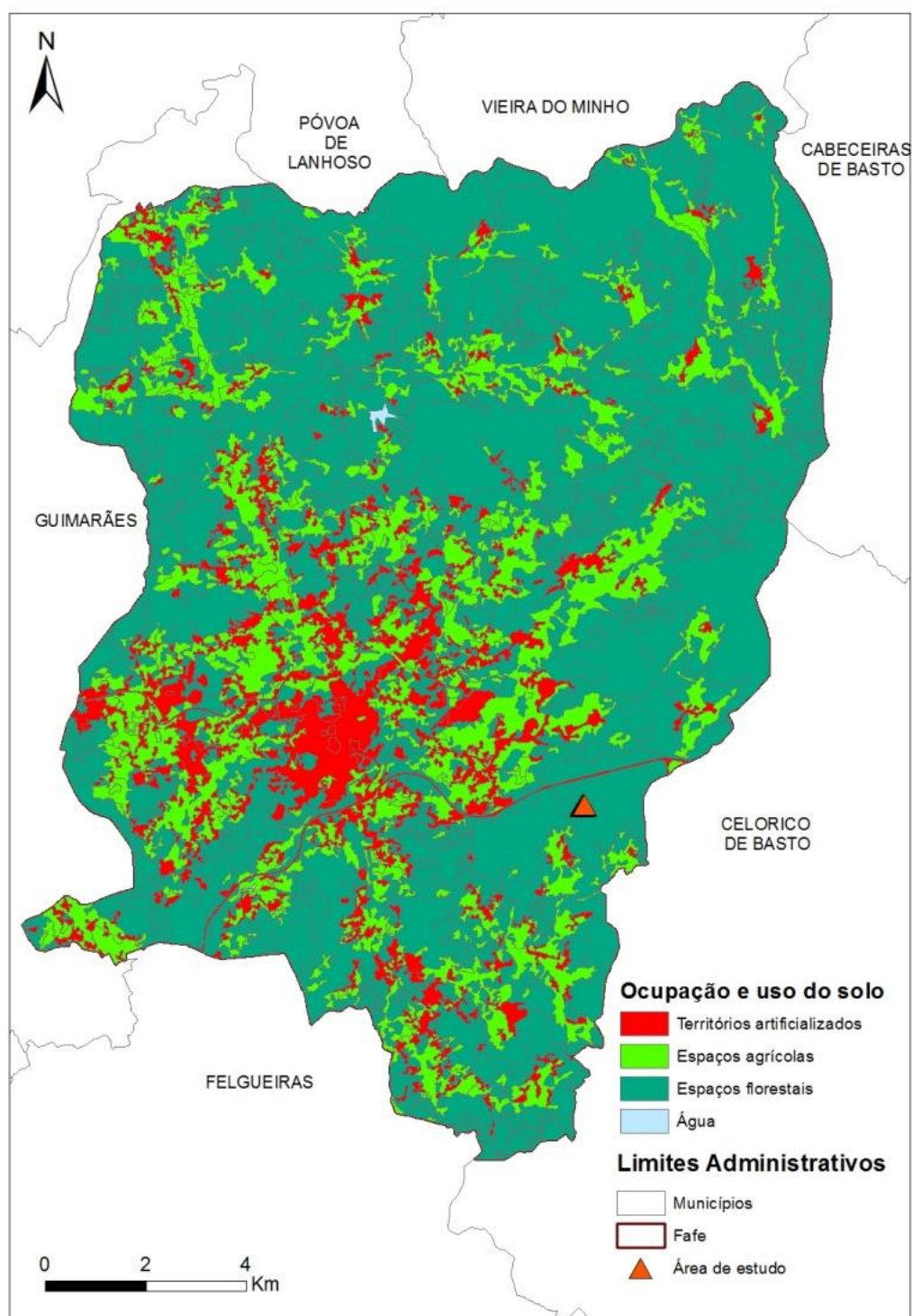


Figura 12 – Mapa de uso e ocupação do solo de Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da COS 2007

Vegetação

Para realizar a análise da vegetação no município de Fafe recorreu-se à Carta de Uso e Ocupação do Solo, disponibilizada pela Direção-Geral do Território. Neste documento a informação está disposta por diferentes níveis. Com o pormenor do 3º nível, foi-nos possível através do *ArcGIS* trabalhar todos estes dados e elaborar um mapa representativo da vegetação do município de Fafe.

Deste modo, torna-se possível compreender que as florestas folhosas e os matos são os mais representativos, representando 65% da vegetação do concelho. De realçar que a área de estudo se insere nesta percentagem, localizando-se numa área de matos. Seguem-se as florestas abertas e florestas resinosa com 15 e 16%, respetivamente. E, por fim, a vegetação esclerófito e floresta resinosa, mas com percentagens muito residuais (Figura 13 e 14).

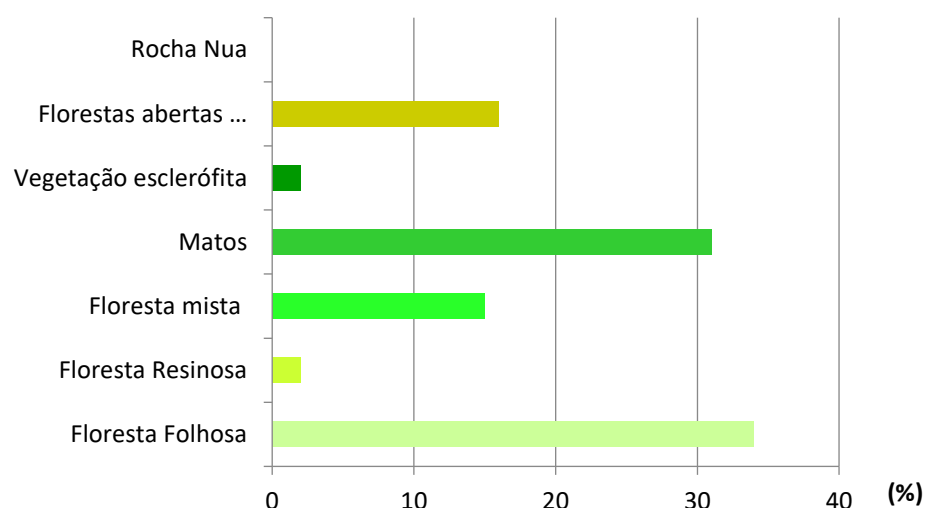


Figura 13 - Vegetação e sua percentagem em Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da COS 2007

Quanto à floresta semi-natural do concelho, podemos encontrar espécies florestais de Carvalho (*Quercus Robur*), Carvalho negral (*Quercus Pyrenaica*) e o Azevinho (*Ilex aquifolium*); enquanto que das espécies introduzidas destacam o Pinheiro bravo e o Eucalipto. Nas áreas do concelho, situadas acima dos 500 metros de altitude, são visíveis os carvalhais espontâneos e os incultos (matos), que normalmente são aproveitados para pastagem extensiva, para as “camas dos gados” e fabrico de estrume (PMDFCI de Fafe, 2014).

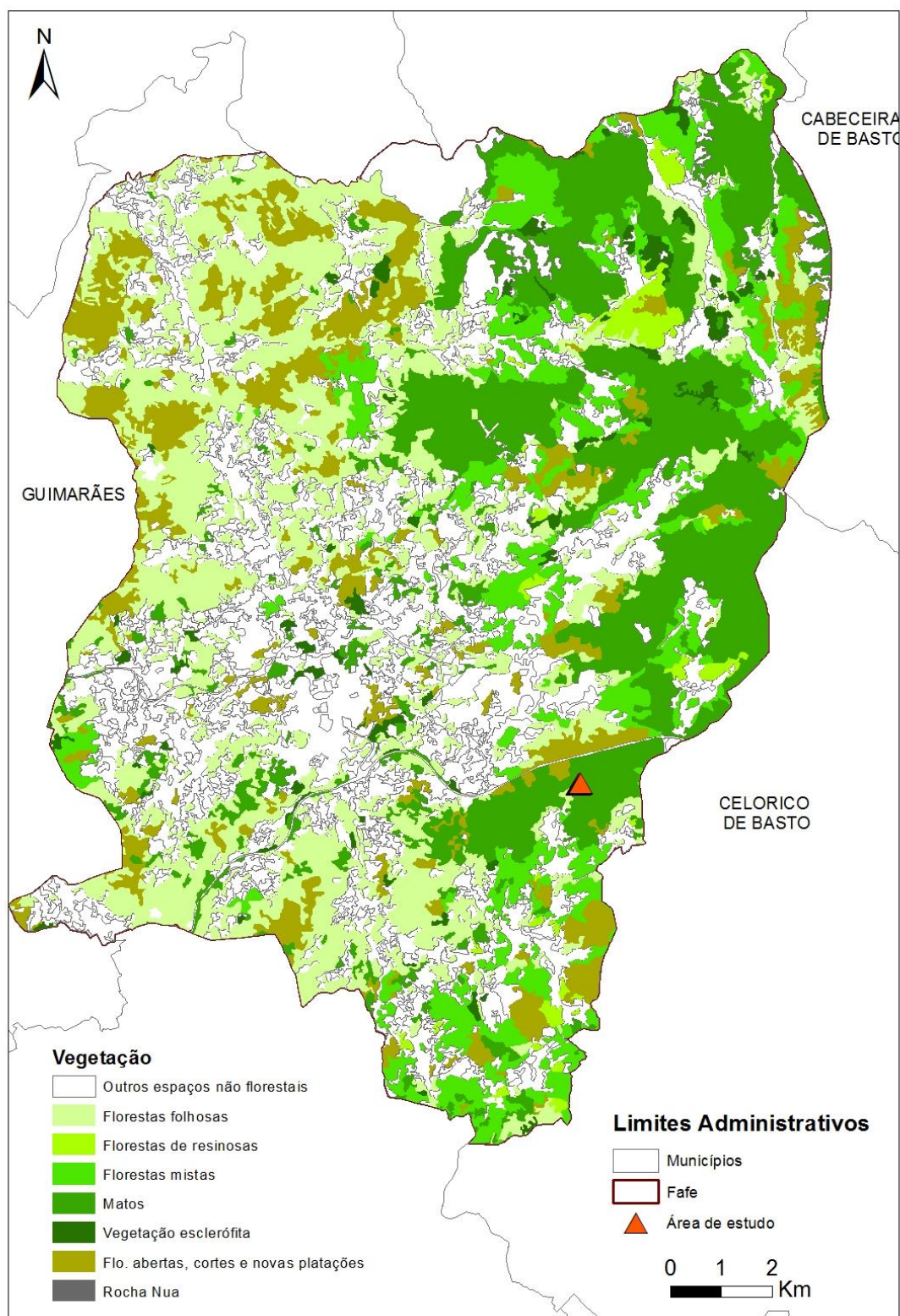


Figura 14 – Mapa da vegetação de Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da COS 2007

Capítulo III – Incêndios Florestais

Os incêndios florestais em Portugal Continental

Pretende-se em primeiro lugar fazer um enquadramento dos incêndios florestais à escala nacional, de forma a entendermos a tendência dos mesmos ao longo dos anos. Assim, teremos em consideração aqueles que ocorreram entre os anos de 1990 e 2015, no que diz respeito à sua evolução temporal, assim como, à sua distribuição espacial, tendo por base informação estatística e cartográfica recolhida no *site* do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF). As mesmas são fruto da reformulação do Sistema de Gestão de Incêndios Florestais (SGIF), ocorrida em 2010, que por sua vez, culminou na análise da base de dados dos incêndios florestais desde a sua implementação em 2001, que posteriormente foram atualizados e disponibilizados.

Evolução Temporal do número de incêndios e de área ardida (1990-2015)

Analisando o número de incêndios de 1990 até 2015 (Figura 15), verificamos que de forma geral, ele se apresenta acima das 15 000 ocorrências anuais, destacando-se os anos de 1995, 1998, 2000 e 2005, com o número máximo, ultrapassando as 30 mil. Segundo Lourenço (2007), o aumento do número de ocorrências durante a década de 90, deveu-se à generalização de um maior rigor no tratamento da informação estatística, no entanto é de destacar que os respetivos anos de 1995, 1998 e 2000 também registaram condições meteorológicas favoráveis à deflagração de fogos.

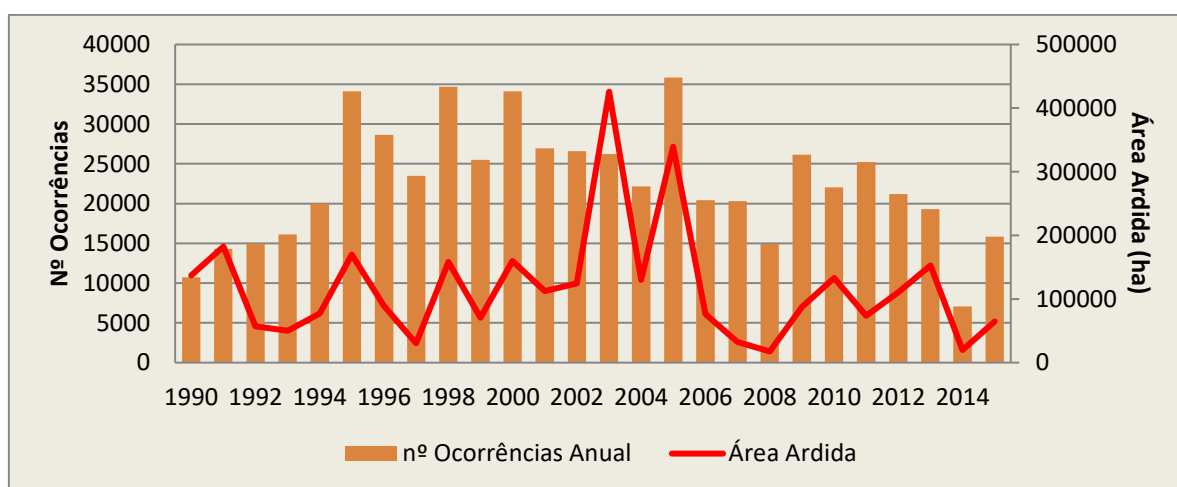


Figura 15 – Evolução do nº de ocorrências de incêndio florestais e área ardida (1990-2015) em Portugal Continental

Fonte: Elaboração própria, com base dados do ICNF

No que ao número de ocorrências diz respeito, também as podemos classificar como Fogachos (com área ardida ≤ 1 ha) ou incêndios florestais (com área ardida ≥ 1 ha). Contudo, é de realçar que esta informação detalhada só se encontra disponível para os anos 2001 e seguintes, o que se compreende, pois, como referido anteriormente foi o primeiro ano da “nova” base de dados dos incêndios florestais. Assim sendo, poder-se-á verificar o predomínio dos Fogachos, com uma representatividade de 75% das ocorrências no seu total (Figura 16). Parte substancial do elevado número de eclosões, verificados em 2003 poderão, segundo Lourenço (2007), estar relacionados com o registo anormal de um elevado número de trovoadas secas.

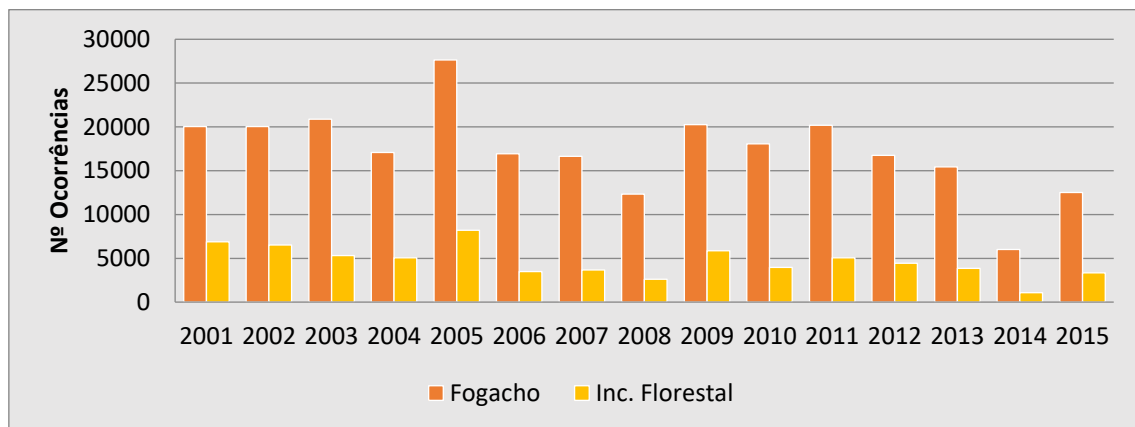


Figura 16 – Nº Ocorrências (Fogachos e Incêndios Florestais) (2001-2015) em Portugal Continental
Fonte: Elaboração própria, com base dados do ICNF

Já no que respeita às áreas ardidas (Figura 15), é notório o destaque dos anos de 2003 e 2005, ultrapassando os 300 mil hectares ardidos, mais do que duplicando a área ardida, em comparação com as maiorias dos restantes anos, na casa dos 150 mil hectares. A média anual da área ardida total nos anos de 2000-2004 foi cerca de 80% superior ao valor da década de 90.

Distribuição Espacial

Pretende-se agora analisar os incêndios florestais no que à distribuição espacial diz respeito, relativo à área ardida, nos anos de 1990-2015. Por se tratar de uma escala temporal considerável, a área ardida encontra-se representada em três mapas distintos: um primeiro representativo da 1ª década em análise, seguida de um segundo mapa, representativo dos 10 anos que se seguem e finalmente um último mapa com os últimos 5 anos em análise (Figura 17).

A primeira conclusão a que chegamos, assim que se observam os mapas referidos é que as áreas ardidas se localizam maioritariamente na NUTS II norte e centro, apesar de as regiões referidas representarem pouco mais de 50% do território continental português. No entanto, a representatividade dessas regiões, nas diferentes décadas, vai-se alternando.

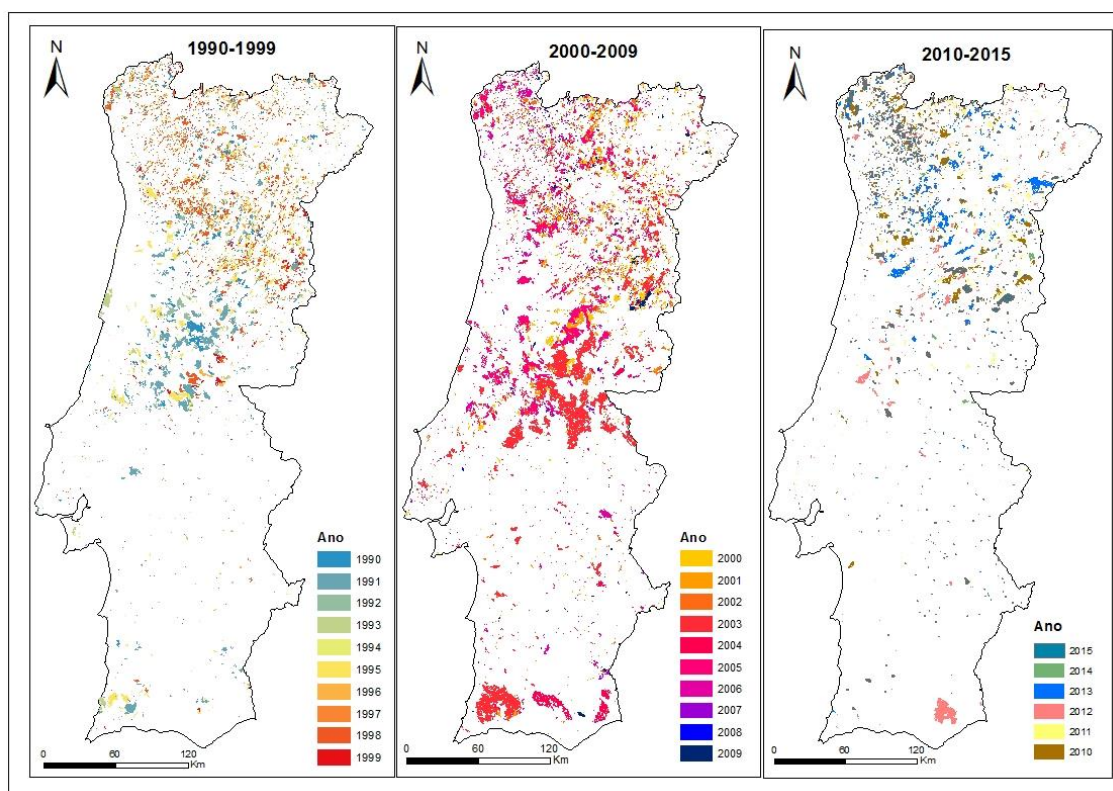


Figura 17 – Distribuição espacial dos incêndios florestais (1990-2015) em Portugal Continental

Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

Na primeira década em análise (1990-1999), é a região norte que regista a mais extensa área ardida, com 54%, seguindo-se a região centro com cerca 44%, representando um total de aproximadamente 98% de toda a área ardida.

Já na década seguinte (2000-2009), verifica-se um aumento da área ardida, com valores duas vezes superiores em relação à década anterior, devido aos trágicos anos de 2003 e 2005 com elevada área ardida. No entanto, deteta-se alterações na representatividade de cada região, com uma perda percentual da região norte e centro, apesar de se manter na liderança com 72%, a favor da região Algarvia, onde se observa o aumento da mancha de área ardida. Verifica-se que a região centro “ganha terreno” à região norte, ao contrário do que acontecia anteriormente.

Nos últimos 6 anos em análise (2010-2015), podemos verificar que em termos de distribuição espacial, estes seguem a tendência dos anos anterior, com manchas de área ardida mais reduzidas.

Assim, estes resultados permitem visualizar as regiões onde se deverá atuar, de forma a que pelo menos mantermos os resultados das regiões do Alentejo e Algarve e por sua vez a redução do número de ocorrências e área ardida, nas regiões norte e centro, por se tratarem das mais problemáticas.

Incêndios florestais no concelho de Fafe

Depois de uma breve análise do panorama nacional do fenómeno dos incêndios florestais, pretende-se agora perceber como este afeta a área de estudo em questão, uma vez que a mesma se enquadra na região norte, que tal como referido anteriormente é uma das regiões mais problemáticas.

Deste modo, a análise irá recair na evolução tanto do número de ocorrência como da área ardida, no período de 1990-2015 no município de Fafe realçando-se a freguesia de Quinchães onde se insere a área de estudo, tento por base, tal como anteriormente, informação disponibilizada pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas.

Evolução Temporal

Analisando o número de ocorrência verificamos que em Fafe (Figura 18), à exceção do ano de 2014, ultrapassamos anualmente a barreira das 100 ocorrências, notando-se um aumento mais significativo a partir do ano de 1995, transpondo as 300 ocorrências e assim se mantendo até 2005. É precisamente neste intervalo que se verificam também os valores mais elevados nos anos de 1998, 2001, 2003 e 2005. A partir de 2009 denota-se um decréscimo gradual, atingindo o valor mais baixo em 2014 (abaixo das 100 ocorrências), sofrendo novamente um aumento no ano 2015. Este panorama, na sua generalidade, vai de encontro ao panorama nacional, acima retratado.

Recorrendo à curva de tendência linear, é possível apurar uma quase total ausência de correlação ($R^2=0,002$), verificando-se assim a não existência de uma tendência quer para o aumento, quer para a diminuição do número de ocorrências.

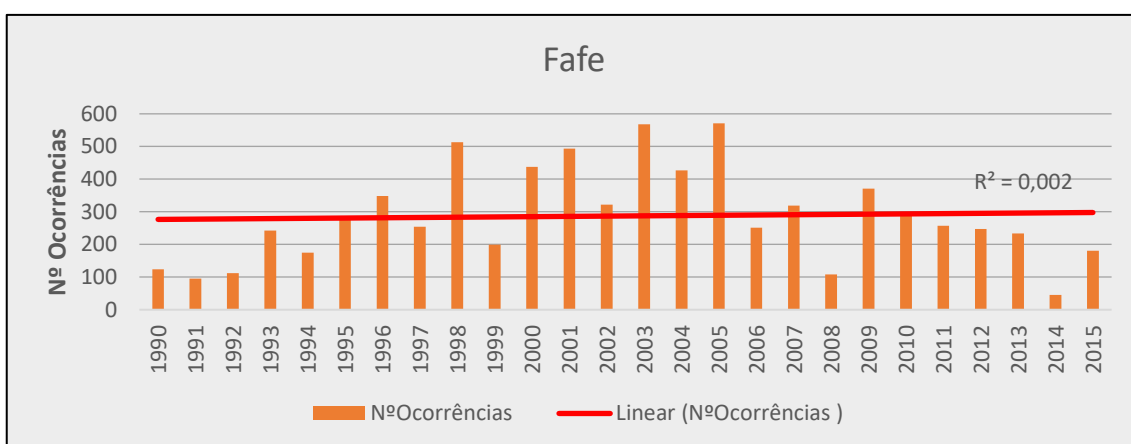


Figura 18 - Evolução do nº Ocorrências florestais (1990-2015) em Fafe

Fonte: Elaboração própria com base dados do ICNF

Relativamente à freguesia de Quinchães, no período em análise, esta representa cerca de 6% do número de ocorrências do município onde se insere. Esta reflete no geral a tendência do município, com exceção do destaque dos anos de 2000 e 2001 com o maior nº de ocorrências, em substituição dos anos de 2003 e 2005 (Figura 19).

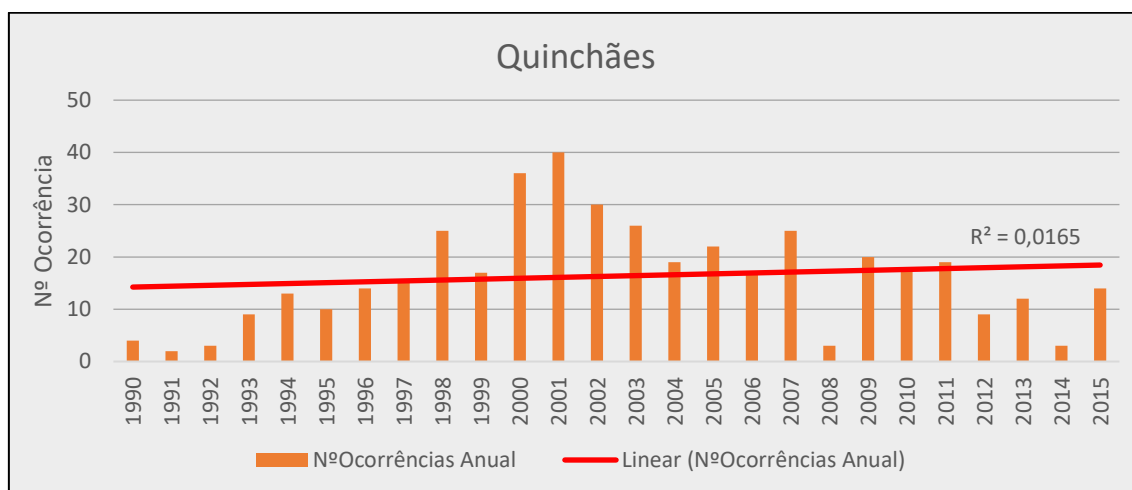


Figura 19 - Evolução do nº ocorrências de incêndios florestais (1990-2015) na freguesia Quinchães
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

Torna-se também relevante perceber a distribuição do tipo de ocorrência (Figura 20). Assim, verifica-se que do número de ocorrências do município de Fafe, mais de metade (68%) diz respeito a fogachos, enquanto que os incêndios florestais representam 30%, encontrando-se ligeiramente abaixo da média nacional. Analisando anualmente o número de fogachos, estes representam aproximadamente, o dobro do número de incêndios florestais.

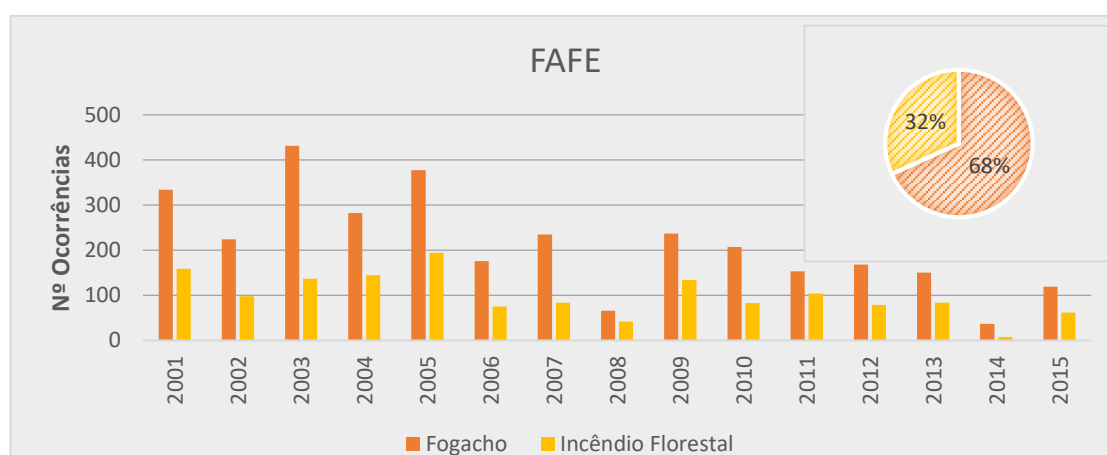


Figura 20 – Nº ocorrências (Fogacho e Incêndios florestais) (2001-2015) em Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

No que à área ardida diz respeito (Figura 21), destacam-se os anos de 1995, 2005, 2009, 2010, 2013, ultrapassando os 15000 ha, não indo na sua totalidade de encontro à tendência nacional. No entanto, também se verifica que, nem sempre que o número de ocorrência aumenta o total de área ardida aumenta também, o que ajuda a concluir que esta não depende única e exclusivamente do número de ocorrências. Por exemplo, no ano de 2010, que apresenta maior área ardida (aproximando-se dos 3500 ha) não corresponde ao ano com o maior número de ocorrências (300).

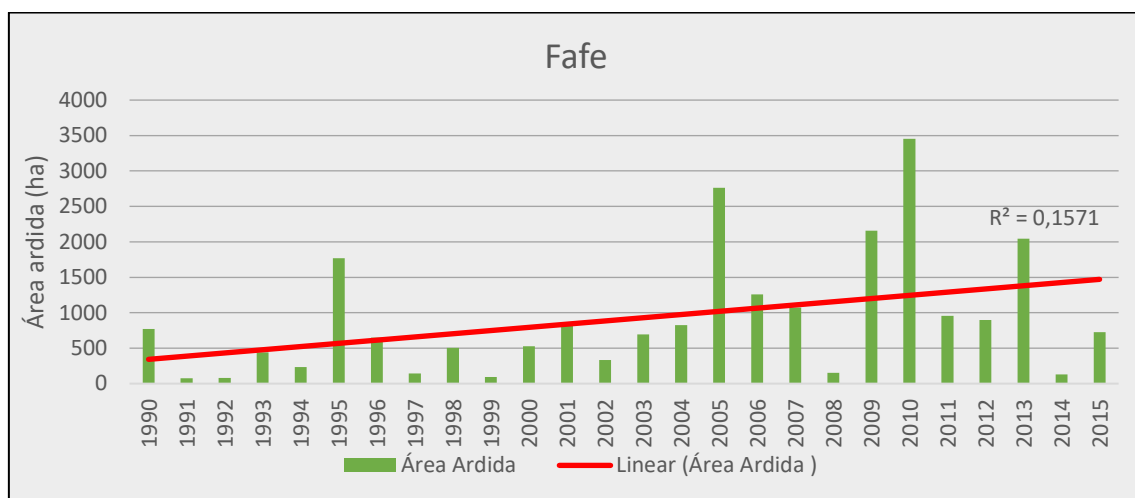


Figura 21 – Evolução da Área Ardida (1990-2015) em Fafe
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

Através da linha de tendência linear observa-se que existe uma correlação de sentido positivo entre a área ardida e a evolução temporal, havendo um aumento da mesma ao longo do tempo. Contudo, apenas 15,71% desse aumento é que se encontra relacionado com a evolução temporal.

É também de realçar que dos 23576 ha ardidos, 68% ocorreram em espaços ocupados por matos, enquanto que apenas 32% ocorre em povoamentos (Figura 22).

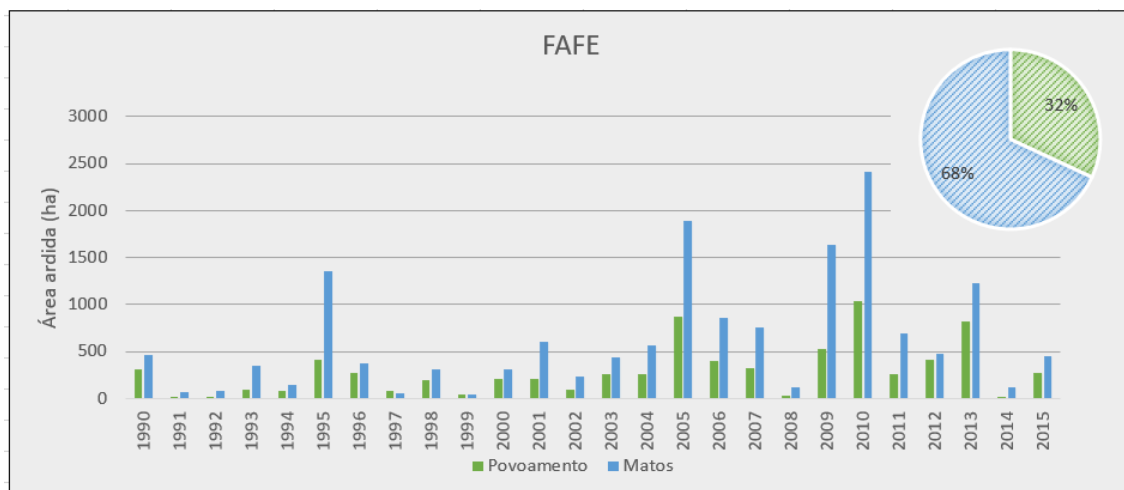


Figura 22 - Evolução da Área Ardida (Povoamentos e Matos) (1990-2015) em Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

As tendências crescentes da área ardida e do número de ocorrências de incêndios florestais são explicadas, pelo menos em parte, por fatores socioeconómicos ligados ao meio rural (Vélez, 2000). Estes fatores relacionam-se com o êxodo rural, que por sua vez contribui para abandono de práticas culturais, levando ao crescimento da vegetação espontânea, provocando o aumento da carga de combustível disponível.

No entanto, é importante também referir a influência que as mudanças climáticas (Santos *et al.*, 2002) tem e terão na tendência de crescimento da área ardida.

Distribuição espacial

Pretende-se, à semelhança do que se fez anteriormente, analisar os incêndios florestais no que à distribuição espacial diz respeito, relativamente à área ardida, nos anos de 1990 a 2015, no município de Fafe. Também aqui, teremos a escala temporal representada em três mapas distintos: um primeiro representativo da 1ª década em análise, seguida de um segundo mapa, representativo dos 10 anos que se seguem e finalmente um último mapa com os últimos 5 anos em análise (Figura 23).

Visualizando a Figura 23, podemos verificar numa primeira fase que independentemente do ano ou do maior ou menor número de área ardida, estas encontra-se localizada praticamente nos mesmos locais. Comparando os mapas em análise e os mapas encontrados no capítulo III, podemos verificar a coincidência das áreas ardidas e as áreas com altitudes elevadas e declives mais acentuados do município. Conseguimos confirmar, igualmente, o predomínio de áreas ardidas em espaços ocupados por matos, sujeitas a pastoreio e caça.

Assim sendo, a área ardida concentra-se mais na parte este do município no limite com Celorico de Basto e Cabeceiras de Basto, na união de freguesias de Moreira de Rei e Várzea Cova e nas freguesias de S. Gens e Quinchães (onde se localiza a nossa área de estudo). Depois temos uma continuação para uma parte mais central nas freguesias de Ribeiros e Estorãos. No setor oeste encontramos manchas de menor dimensão e um pouco mais dispersas. De realçar, por fim, o setor a norte no limite com a Póvoa de Lanhoso, que apresenta uma mancha de área ardida substancial.

Podemos também visualizar um aumento da área ardida da primeira para a segunda década, seguida de um decréscimo nos últimos anos em análise, tal como verificado anteriormente.

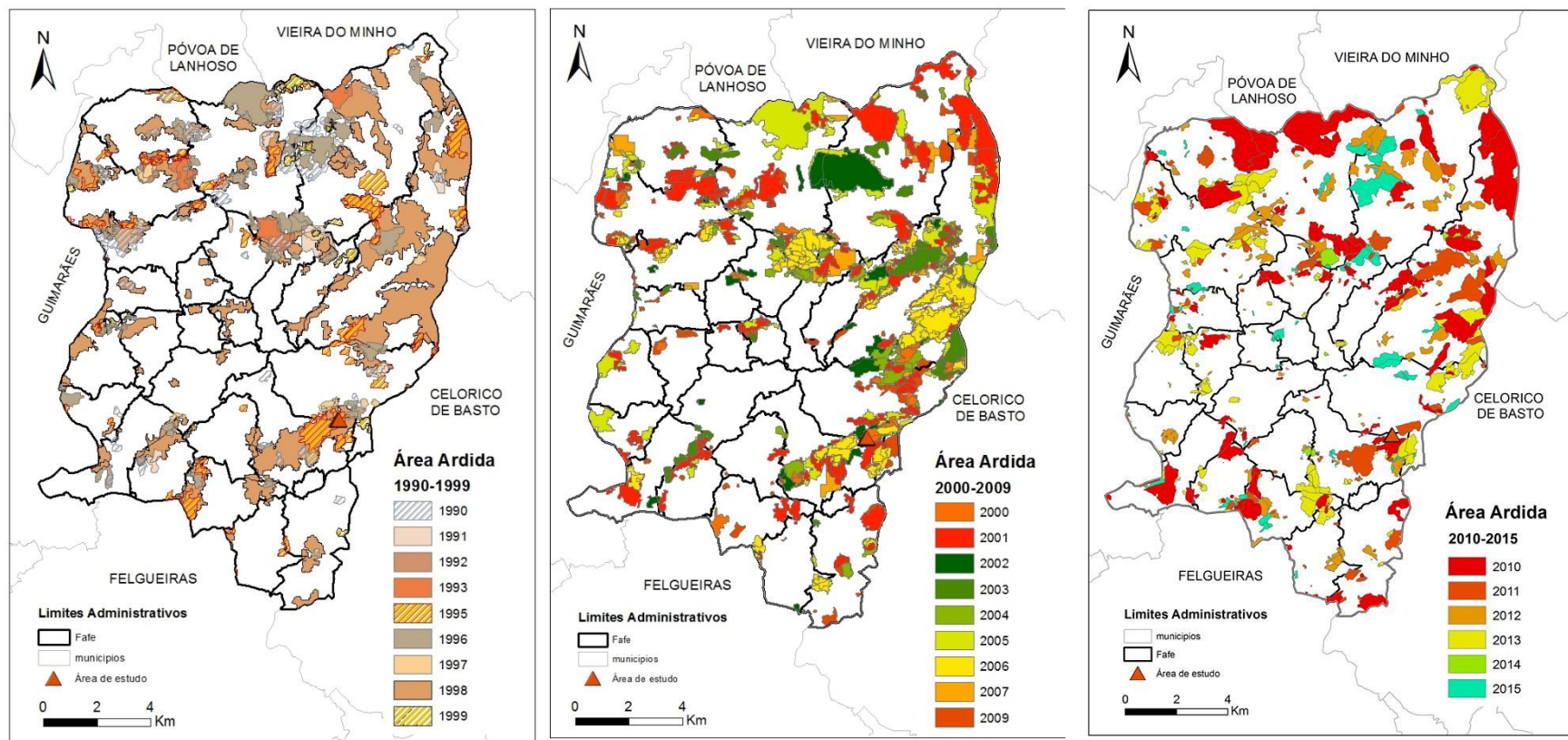


Figura 23 – Distribuição espacial Área Ardida (1990-2015) em Fafe
 Fonte: Elaboração própria, com base em dados do ICNF

Ações preventivas

Relativamente à gestão de combustíveis no município de Fafe, esta encontra-se prevista no Plano Municipal de Defesa da Floresta contra incêndio de Fafe, no 1º Eixo Estratégico sobre o aumento da resiliência do território aos incêndios florestais. Tendo em conta este documento, são então definidos os espaços florestais onde a gestão de combustível é obrigatória, localizando-se na Faixas de Gestão Combustível (FGC) laterais às edificações, ao parque de campismo, aos parques e polígonos industriais, à rede viária, às linhas de transporte e distribuição de energia elétrica e pontos de água.

As intervenções serão realizadas com base dois tipos de operações:

1. Mecânicas – em áreas de matos e incultos;
2. Moto-Manuais – em áreas arborizadas, devido “desordenamento florestal, aos difíceis acessos e às zonas com elevados declives”.

No município de Fafe, tínhamos em 2014 uma área total de faixas e mosaicos de parcelas de gestão de combustíveis de 1395 ha, dos quais 35% necessitava de intervenção. Em 2015, estavam prevista várias intervenções, das quais incluía a construção de novas FGC, destacando-se que 195 ha seriam em área florestal e de matos, juntando-se a estas mais 101 ha em 2016.

De realçar que estas faixas construídas deverão sofrer uma manutenção de 2 em 2 anos, sendo que as de 2015 sofrerão manutenção em 2017 e 2019 e as construídas em 2016 sofrerão em 2018 e assim em diante.

Capítulo IV - Os efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade nos solos em Fafe

Procedimentos Metodológicos

✓ Colheita e preparação das amostras:

Na área de estudo (Freguesia de Quinchães), foram delimitadas duas parcelas com dimensões aproximadas de 10m x 10m, localizadas numa área ardida (17 de abril de 2017), onde a vegetação predominante é de matos (giesta e tojo). Temos uma primeira parcela situada no setor este da área, com baixa severidade, e uma segunda parcela situada no setor oeste da área com severidade média-baixa (Figura 24). No entanto, é de realçar que toda a área apresenta um grau de severidade baixa, com a vegetação apenas parcialmente consumida, mostrando a velocidade e baixa intensidade do incêndio.

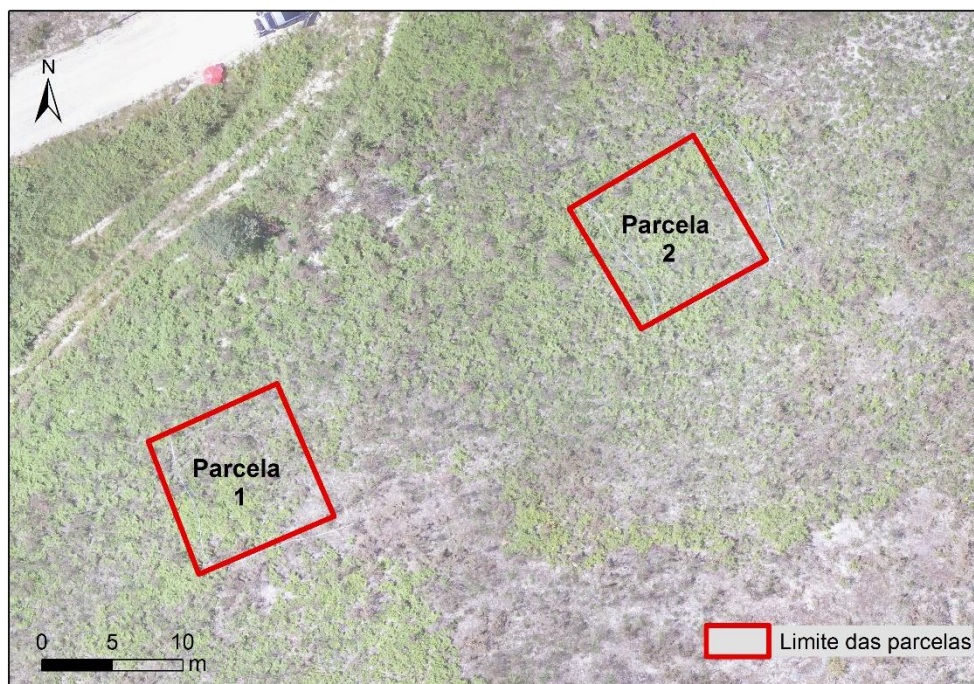


Figura 24 - Localização das parcelas em estudo



Figura 25 – Fotografia das parcelas em estudo
Fonte: Tirada pelo autor em 27/04/2017

Nestas parcelas foram realizadas várias recolhas de solo e também postas em prática algumas metodologias que nos vão permitir caracterizar a área de estudo, assim como estudar algumas das propriedades físicas do solo. Iremos então a passar a descrever cada uma das propriedades e os métodos aplicados no estudo das mesmas. São elas:

- Construção do Modelo Digital de Terreno;
- Profundidade do solo;
- Matéria orgânica e inorgânica (mineral);
- Granulometria do solo;
- Densidade aparente;
- Resistência do solo à compressão;
- Capacidade de infiltração do solo.

A maior dificuldade nas amostras de solo depois dos incêndios florestais é a falta de informação das características do solo antes do incêndios. Segundo Úbeda & Outeiro (2009), a solução habitual, embora às vezes criticada, passa por retirar uma amostra de uma área próxima que não foi afetada pelo incêndio para determinar as características antes do incêndio florestal. Assim sendo, foi também aqui recolhida uma amostra de solo numa área não ardida, próxima e com características idênticas às da área ardida, com o propósito de obtermos algumas características com que pússamos verificar as principais mudanças.

✓ Construção de um Modelo Digital de Terreno

Para a construção do mesmo, utilizamos um Drone (Figura 26) com o propósito de sobrevoar a área e recolher várias imagens, que posteriormente foram tratadas, permitindo entre outras coisas criar um modelo digital de terreno. Para a preparação do voo, basta definir um plano de voo, delimitando a área a percorrer, a velocidade com que a vai percorrer e o tempo de voo.



Figura 26 - Imagem do Drone utilizado

Fonte: Tirada pelo autor, em 11/07/2017

✓ Profundidade do solo

Para o apuramento da mesma, recorreu-se ao uso de uma vara de ferro com o comprimento de 113 cm. De seguida definiu-se 16 pontos em cada parcela, onde a vara deve ser introduzida com o auxílio de um martelo até atingir o limite máximo. Depois de medir com uma fita métrica, o valor deve ser apontado (Figura 27).

Posteriormente, os pontos irão ser representados no programa através do *software ArcGIS*, com os respetivos valores, onde através da ferramenta *Interpolation > Topo to raster*, iremos interpolar os valores da restante parcela, com o objetivo de apresentar a profundidade através de um mapa.



Figura 27 - Fotografia da medição da profundidade

Fonte: Tirada pelo autor, em 27/04/2017

✓ Matéria orgânica e inorgânica (mineral)

Para a análise da matéria orgânica e inorgânica do solo, primeiramente recolheu-se amostras do solo, uma no cimo de cada parcela e outra na parte inferior das parcelas, mais na base da vertente. A cada recolha foi-lhe atribuída um código e posteriormente foi colocada em sacos plásticos devidamente identificados (Figura 28).

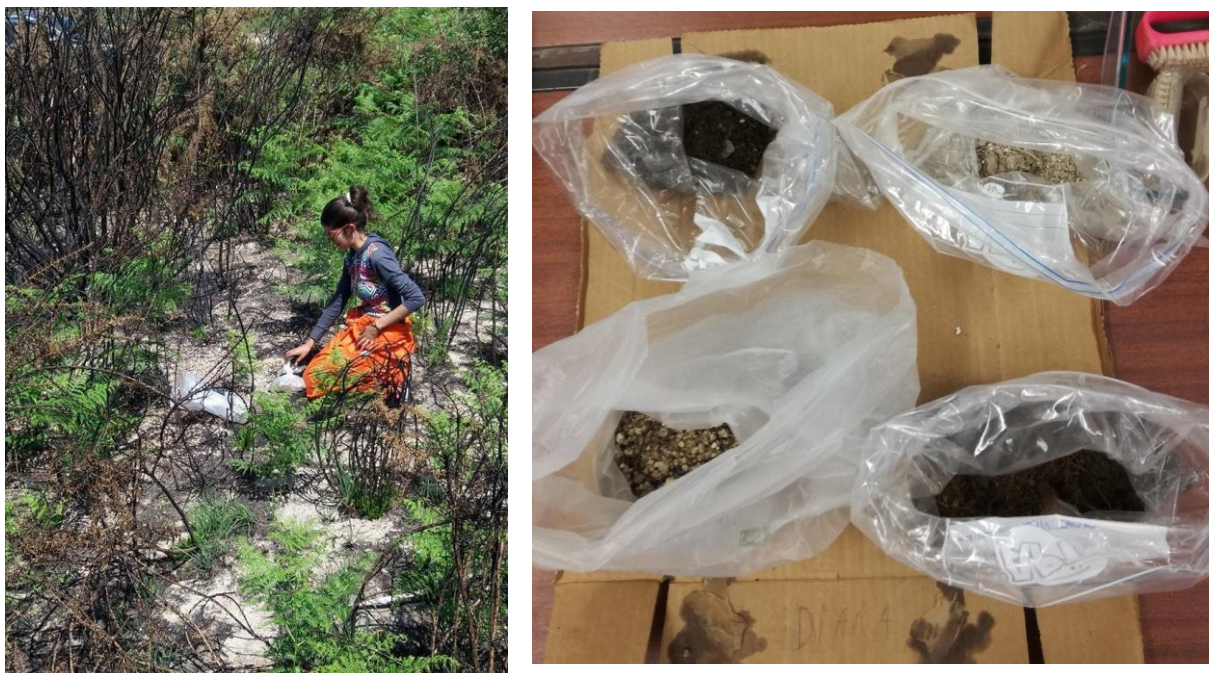


Figura 28 - Fotografia da recolha das amostras para análise de teor de matéria orgânica e textura do solo
Fonte: Tirada pelo autor, em 01/06/2017

De seguida, as amostras foram levadas para o laboratório, situado no *Campus* de Azurém, da Universidade do Minho, onde se procedeu às seguintes etapas (Figura 29):

- 1) Colocou-se as amostra na estufa a uma temperatura de 60°C durante 48h, com o objetivo de eliminar a água presente no solo recolhido.
- 2) Retirando as amostras da estufa, as mesmas são divididas em partes mais pequenas, colocadas num cadinho e, por fim pesadas (retirando o peso do cadinho).
- 3) Seguidamente para estudar a componente mineral e orgânica utilizamos a técnica de “perda por ignição”, onde colocamos os cadinhos com as amostras num forno durante 4h47m a 970°C, promovendo assim a volatilização da matéria orgânica.

- 4) Por fim, basta retirar os cadinhos, e tornar a pesá-los para verificar a quantidade de matéria mineral.



Figura 29 - Fotografia da estufa, forno e balança utilizada
Fonte: Tirada pelo autor em 09/06/2017

De realçar que aqui foram analisadas tanto a amostra das duas parcelas da área ardida, como a amostra da área não ardida.

✓ Granulometria do solo (Textura do solo)

No seguimento da etapa anterior, a matéria mineral é sujeita ao processo de crivagem para quantificação das partículas minerais, com o objetivo de fracionar as texturas do solo. As mesmas são então colocadas num agitador de partículas a agitar a 2 mm/g durante 15 minutos. No agitador são então colocados 14 crivos repartidos em duas vezes (Figura 30).



Figura 30 - Fotografia do agitador de partículas
Fonte: Tirada pelo autor em 14/06/2017.

Terminada a separação das partículas, o conteúdo de cada crivo é pesado numa balança eletrónica de precisão e registado no formulário concebido no *Excel* para o efeito (Anexo II). Com esta metodologia é possível determinar a percentagem de areão, areia, e silte + argila (Figura 31).



Figura 31 - Fotografia de material mineral retirado dos crivos
Fonte: Tirada pelo autor em 14/06/2017.

✓ Densidade Aparente

A recolha de solo, neste caso foi realizado através de um cilindro com o volume de 89,54 cm³. Foram recolhidas 5 amostras de cada parcela, sendo atribuído um número para cada amostra (Figura 32).



Figura 32 - Fotografia da recolha de amostra com os cilindros
Fonte: Tirada pelo autor, em 01/06/2017.

De seguida, as mesmas serão levadas para o laboratório, onde irão para a estufa, a uma temperatura de 105°C, durante 48h, com o objetivo de eliminar a água presente no solo recolhido. Posteriormente, a amostra será pesada numa balança eletrónica de precisão. Por fim, a Densidade aparente será calculada através da fórmula abaixo.

$$\text{Densidade aparente (g /cm}^3\text{)} = a / b$$

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel ou cilindro (cm³)

✓ Resistência do solo à compressão

Para o estudo desta propriedade iremos utilizar como metodologia um penetrômetro (Figura 33), que serve para classificar uma amostra de solo baseado na sua respectiva resistência à compressão. O valor pode ser lido diretamente na escala graduada do aparelho, sendo a sua unidade de Kg/cm².

A utilização do mesmo é um processo relativamente simples, sendo necessário seguir 3 passos:

- 1) Empurrar o anel indicador deslizante para o valor mais baixo da escala;
- 2) Pressionar o penetrômetro na direção vertical contra o solo em análise, de modo que ele penetre até a linha ranhurada (a vermelho) no pistão;
- 3) Apontar o valor onde o anel indicador deslizante parar.

Também aqui iremos utilizar os mesmos pontos definidos anteriormente para proceder a esta análise.



Figura 33 - Imagem do Penetrômetro utilizado
Fonte: Fotografia tirada pelo autor, em 29/04/2017.

✓ Capacidade de infiltração do solo

Aqui iremos recorrer ao *Mini-Disk Infiltrometer* (MDI), que é um instrumento para fazer uma rápida análise da capacidade de infiltração do solo. O MDI é um teste para medir o volume de água (ml) que passa do infiltrômetro para o solo. À medida que a água vai baixando, deve-se registrar o volume a cada 30 segundos e registrar numa tabela de *excel* (Anexo III), preparada para o efeito (Figura 34).

Para preparar o Infiltrômetro para medição, deve-se seguir as seguintes etapas:

1. Encher a câmara de bolhas três quartos cheias pela água corrente descendo o tubo de controle de sucção ou removendo o batente superior;
2. Uma vez que a câmara superior está cheia, deslizar o tubo de controle de sucção todo o caminho para baixo, inverter o infiltrômetro, remover o fundo com o disco poroso e encher o reservatório de água.
3. Definimos cuidadosamente a posição do final do tubo de *mariotte* em relação ao disco poroso para garantir uma sucção zero enquanto o tubo borbulha.
4. Depois o infiltrômetro deve ser colocado no solo, na vertical e apontar o volume da água a cada 30 segundos.

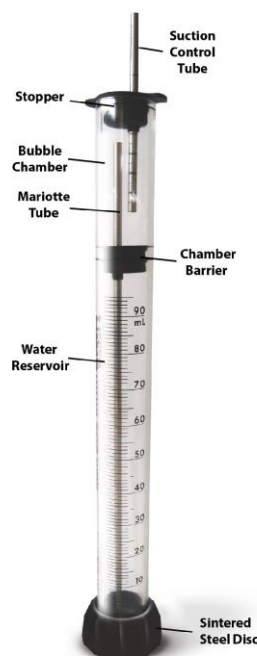


Figura 34 – Diagrama do Infiltrômetro utilizado

Fonte: <https://www.metergroup.com/environment/products/mini-disk-infiltrometer/>

Análise dos resultados

✓ Construção de um Modelo Digital de Terreno

Podemos então observar abaixo, um mapa com o modelo digital de terreno da área de estudo, com as altitudes (metros) que caracterizam a mesma. Verificamos que a amplitude de valores é reduzida, estando compreendidas entre 604 e os 636 metros (Figura 35).

Através das imagens recolhidas pelo drone, foi também possível reconstruir um ortofotomapa, que será utilizado como base em vários mapas apresentados abaixo.

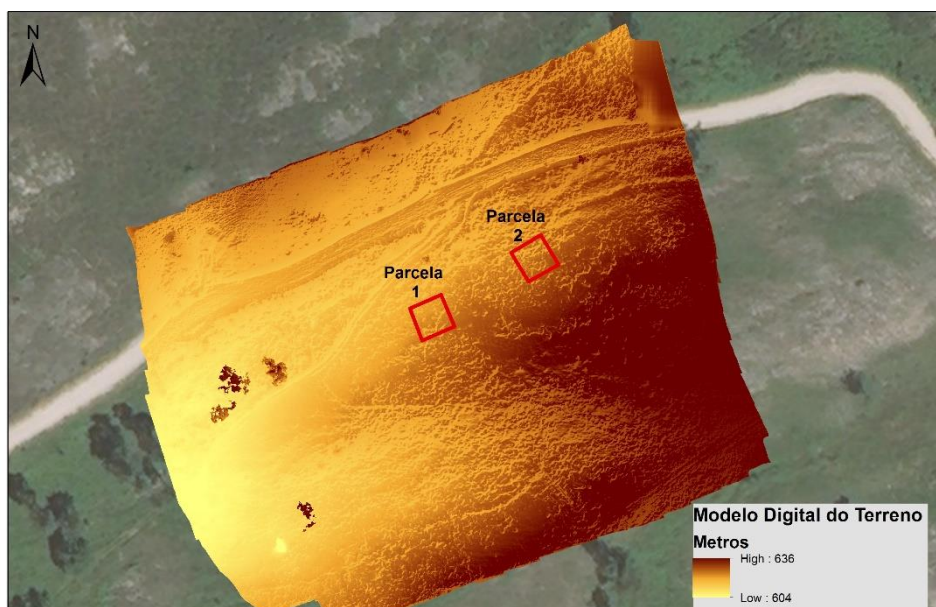


Figura 35 - Modelo digital de terreno da área de estudo
Fonte: Elaboração com base nas imagens recolhidas pelo drone.

✓ Profundidade do solo

Relativamente à profundidade do solo na área de estudo, podemos verificar que a parcela 2 apresenta solos mais profundos, do que a parcela 1 (Figura 36). Tal, poderá estar associado a uma maior acumulação de sedimentos provenientes do topo da vertente onde se insere, em consequência do incêndio florestal ocorrido.

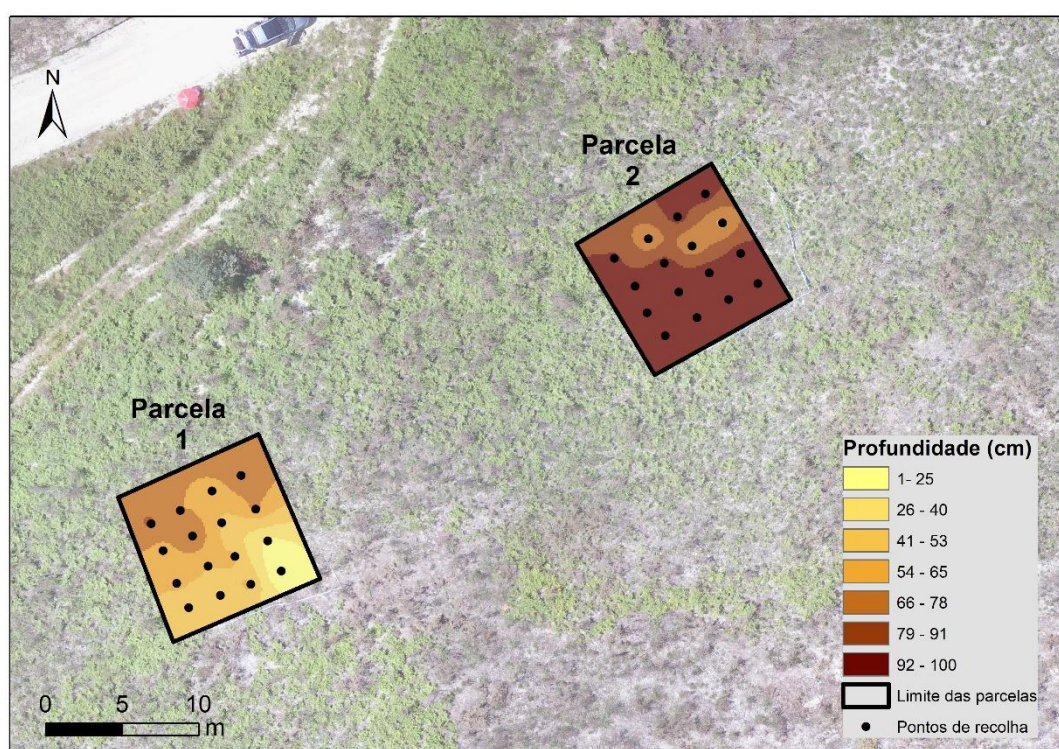


Figura 36 - Mapa da profundidade da área de estudo

✓ Matéria orgânica e inorgânica

Verifica-se primeiramente o predomínio da matéria mineral, com valores acima dos 80%, tendo a matéria orgânica consequentemente menor representatividade (Figura 37). Podemos também constatar, que na sua generalidade, o panorama das amostras da área ardida em pouco difere das características da área não ardida, o que nos leva a concluir que o incêndio a curto prazo não provocou grandes alterações no teor em matéria orgânica. Tal, também se deve à baixa severidade do mesmo e à baixa taxa de destruição da vegetação.

No entanto, é de realçar os valores residuais de matéria orgânica (2%), abaixo da percentagem da área não ardida, nas amostras B e C, recolhidas na base de cada parcela em área ardida, que poderá estar relacionado com a acumulação de sedimentos provenientes da escorrência dos mesmo pela vertente, depois do incêndio florestal.

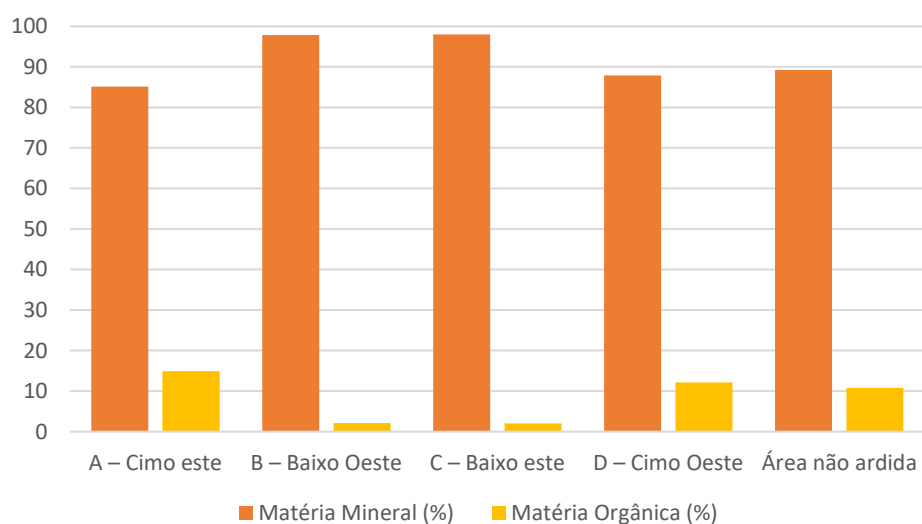


Figura 37 – Percentagem da matéria orgânica e inorgânica das amostras recolhidas

Quadro 3 - Pesagem das amostras antes e depois da ignição e percentagem da matéria orgânica e mineral

	Peso Antes da Ignição (g)	Peso depois da Ignição (g)	Matéria Mineral (%)	Matéria Orgânica (%)
A – Cimo este	158,46	134,82	85,1	14,9
B – Baixo oeste	118,64	116,06	97,8	2,1
C – Baixo este	120,52	118,09	98,0	2,0
D – Cimo oeste	141,92	124,71	87,9	12,1
Área não ardida	185,49	165,46	89,2	10,8

✓ Granulometria do solo (Textura do solo)

De um modo geral, a classe de textura do solo não é afetada pela passagem do fogo (Macedo & Sardinha, 1993). Podemos constatar que a textura em toda a área em estudo é predominantemente arenosa, não se denotando mudanças significativas decorrentes do incêndio ocorrido, indo ao encontro do que foi referido anteriormente, especialmente devido à baixa severidade do incêndio (Figura 38).

De destacar, a percentagem residual de silte e argila na amostra C situada na base da parcela, de apenas 1%, podendo estar relacionado com a escorrência de material de maior dimensão que estariam na parte superior da vertente, denotando-se uma maior percentagem de areias na amostra C (73%) e consequente diminuição na amostra A (58%), situada no cimo da mesma parcela (Quadros 4 e 5).

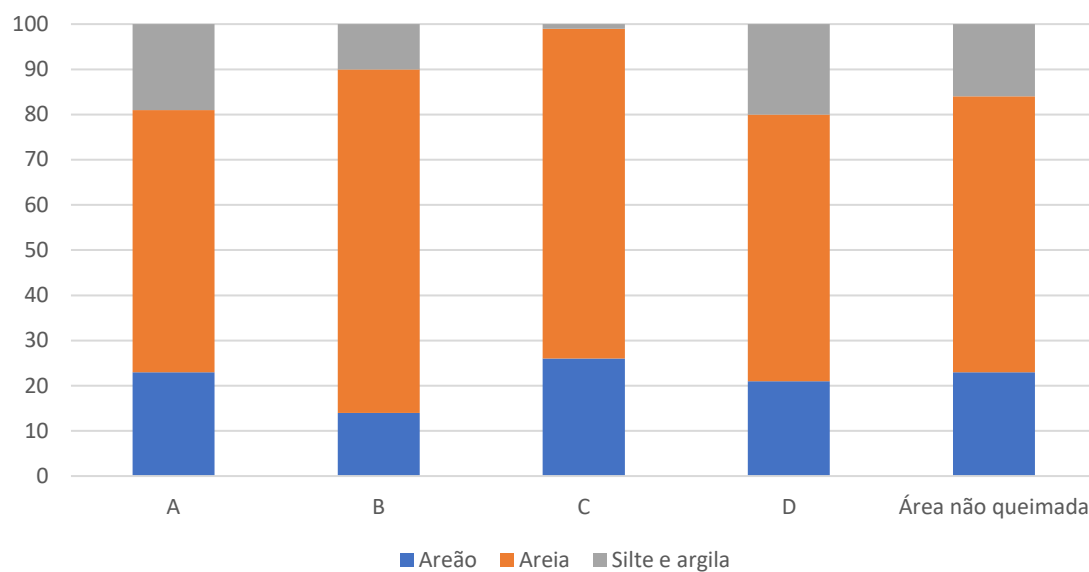


Figura 38 – Percentagem dos tipos de textura nas amostras recolhidas

Quadro 4 – Percentagem dos tipos de textura na área não ardida

Amostra	Área não ardida		
	Areão (%)	Areia (%)	Silte e argila (%)
	23	61	16

Quadro 5 – Percentagem dos tipos de textura na área ardida

Amostra área ardida			
Amostra	Areão (%)	Areia (%)	Silte e argila (%)
A	23	58	19
B	14	76	10
C	26	73	1
D	21	59	20

✓ Densidade aparente

Caraterísticas do cilindro:

- Diâmetro do cilindro (D_c) – 5 cm
- Altura do cilindro (A_c) – 5,7 cm
- Volume do Cilindro: $89,54 \text{ cm}^3$

Dados Obtidos:

Através da análise das amostras recolhidas, foi possível recolher os dados abaixo apresentados, o que permitiu posteriormente, o cálculo da densidade aparente, também abaixo apresentados (Quadros 6 e 7).

Quadro 6 – Dados da pesagem dos cilindros e valores da densidade aparente na parcela 1

Cilindro	Peso antes secagem (g)	Peso depois secagem (g)	Densidade Aparente (g/cm^3)
1	135,63	131,93	1,47
2	101,13	97,7	1,09
3	113,65	111,01	1,24
4	74,37	72,65	0,81
5	110,02	107,77	1,20

Quadro 7 – Dados da pesagem dos cilindros e valores da densidade aparente na parcela 2

Cilindro	Peso antes secagem (g)	Peso depois secagem (g)	Densidade Aparente (g/cm^3)
6	118,36	115,40	1,29
7	101,20	98,94	1,10
8	64,74	59,80	0,67
9	99,63	95,91	1,07
10	99,91	95,21	1,06

Na Figura 39 podemos observar a distribuição da densidade aparente calculada por interpolação tendo como ponto de partida, com os dados apresentados nos Quadros 6 e 7, referentes aos 10 pontos de recolha. Podemos observar que não existe uma grande amplitude de valores, não ultrapassando os $1,5 \text{ g/cm}^3$. Os locais com maior densidade aparente localizam-se junto dos locais de recolha 1 e 8, situados na base da vertente, onde o teor de matéria orgânica não supera os 2%, e onde valores estão compreendidos entre 1,3 – 1,5. Segundo Costa (1985), os solos minerais com um teor de matéria orgânica inferior a 2%, podem considerar valores compreendidos entre 1,5 e 1,25 mediante a textura do solo.

Assim sendo, poder-se-á considerar que os valores achados dentro da normalidade, pelo que não se denota grandes impactes decorrentes do incêndio florestal, devido também a baixa severidade do incêndio. No entanto, tal como já foi referido no Capítulo I por Úbeda & Outeiro (2009), apesar de não haver mudanças imediatas, com a recorrência do fenómeno no mesmo local poderá provocar no futuro alterações significativas na estrutura do solo e noutras propriedades relacionadas como a densidade aparente.

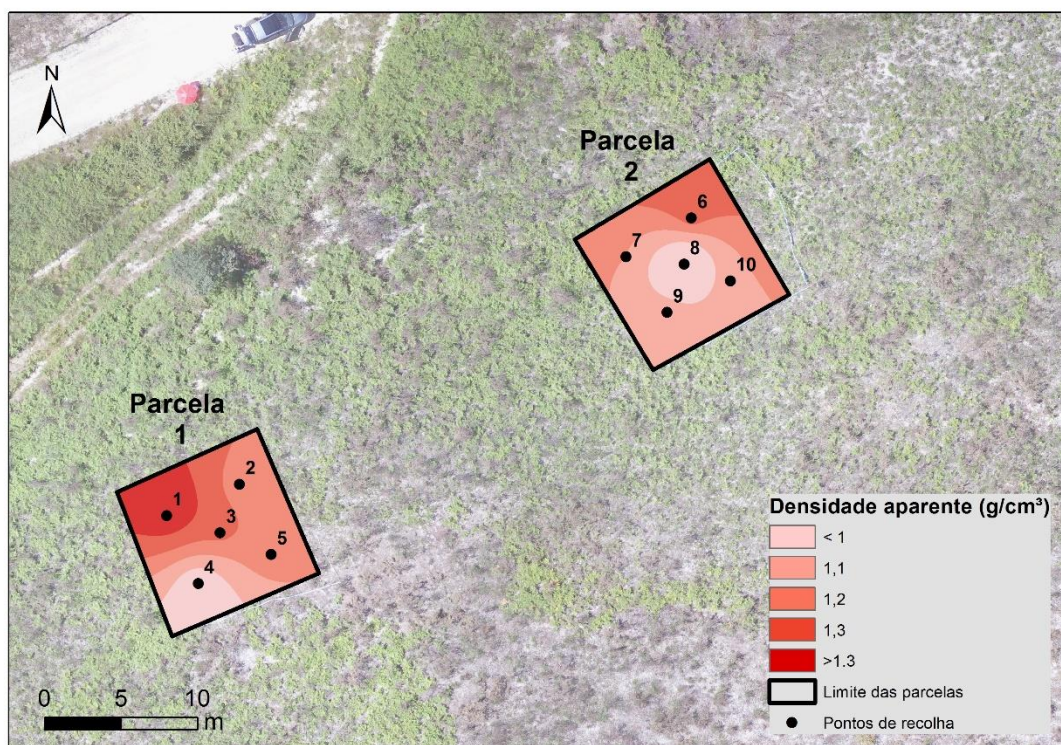


Figura 39 - Mapa da densidade aparente na área de estudo

✓ Resistência do solo à compressão

Analisando a Figura 40, podemos constatar que os valores de resistência não são muito elevados, não ultrapassando os 3 Kg/cm². A resistência do solo poderá estar muito dependente da textura do solo e da compactação dos seus materiais. As parcelas em análise são caracterizadas por uma alta concentração de matéria mineral, composta sobretudo por material arenoso e uma baixa concentração de silte e argila, fazendo com que o solo não seja tão compacto, podendo contribuir para uma baixa resistência à compressão. Os valores da densidade aparente apresentados anteriormente poderão também contribuir para explicar estes valores.

Na parcela 1, os valores superiores encontram-se junto dos pontos de recolha 1 e 4, apresentando ambos 3 Kg/cm².

Na parcela 2, os valores mais elevados encontram-se na base da parcela, onde existe uma maior acumulação de sedimentos, podendo contribuir para uma compressão dos mesmos e, consequentemente aumentar a resistência do solo.

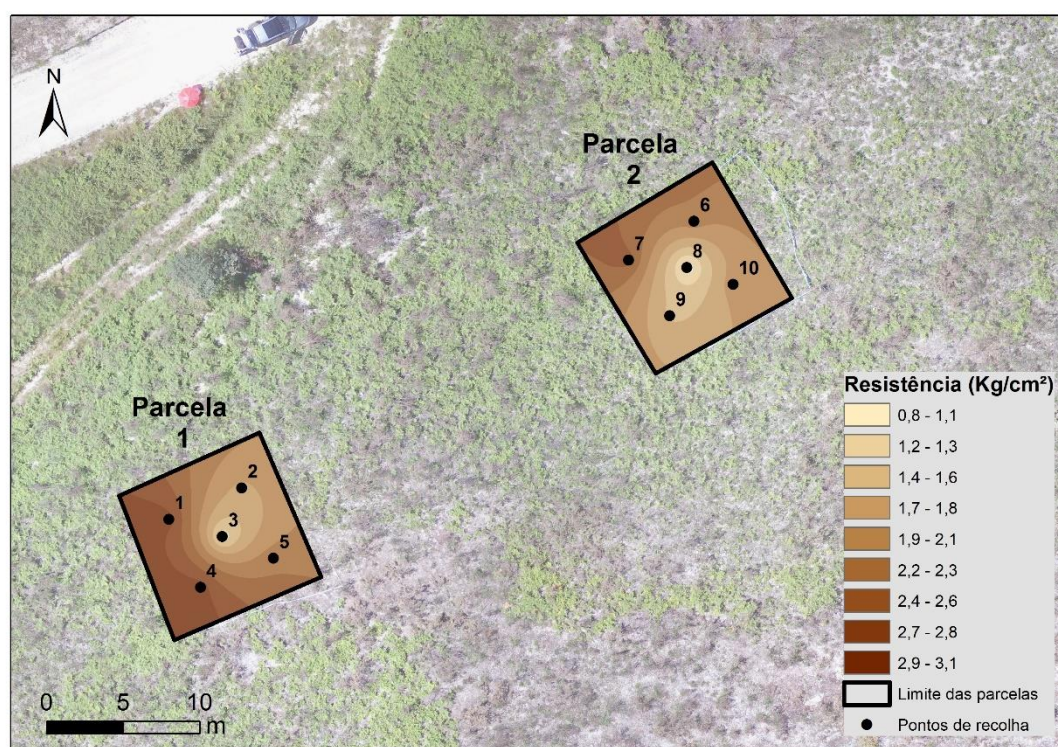
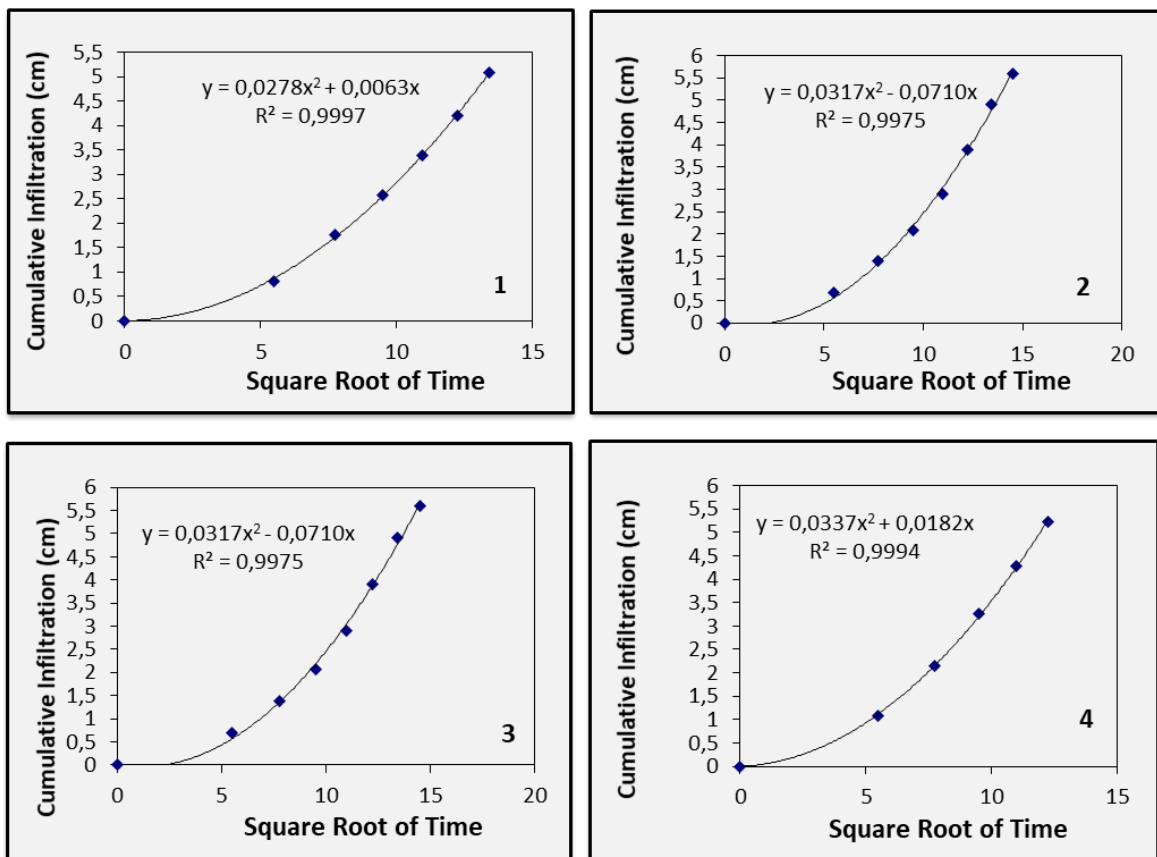


Figura 40 – Mapa da resistência do solo da área de estudo

✓ Capacidade de Infiltração de água no solo

Nos mesmos locais de recolha referidos na técnica anterior, foi também estudada a capacidade de infiltração no solo, com a utilização de um infiltrómetro. Esta poderá estar intimamente ligada com as propriedades do solo retratadas acima, e visto que as mesmas não padeceram de alterações significativas, mantendo-se a existência de grande quantidade de material arenoso; uma pequena representatividade de silte e argilas; uma baixa percentagem de matéria orgânica, podendo contribuir para uma rápida infiltração da água.

Contudo, visto a parcela 2 ter sido colocada num local onde a severidade do incêndio florestal foi ligeiramente maior, relativamente a parcela 1, denota-se em alguns locais uma maior dificuldade de infiltração, o que também poderá estar relacionado com uma maior concentração de cinzas nesse local. Segundo vários autores como Campbell *et al.*, (1983); Chang *et al.*, (1977); Khanna *et al.*, (1994), a adição de cinzas aumenta a retenção de água no solo e de nutrientes, mas diminui condutividade hidráulica (Stoof, 2011).



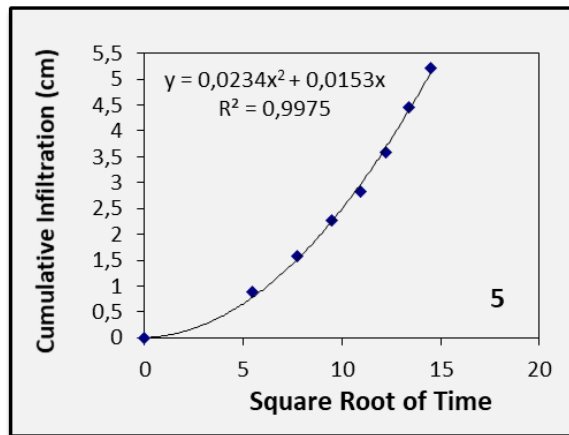


Figura 41 - Capacidade de infiltração nas amostras da parcela 1

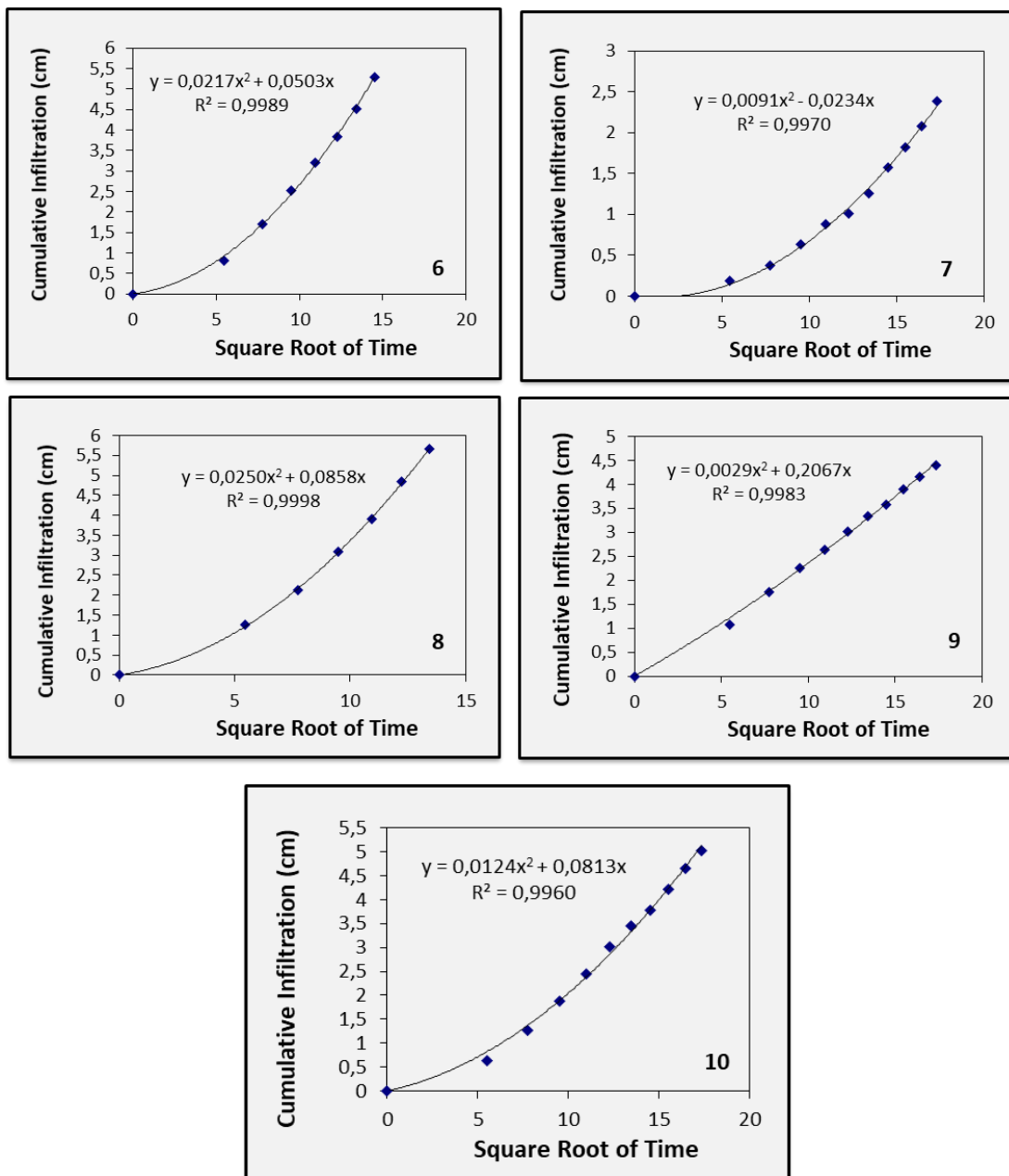


Figura 42 - Capacidade de infiltração nas amostras da parcela 2

Conclusões

Tendo por base os efeitos do incêndio florestal de baixa severidade, ocorrido a 17 de abril de 2017, na freguesia de Quinchães, nas diversas propriedades físicas do solo, procedeu-se ao seu estudo e acompanhamento, podendo concluir-se o seguinte:

- verificou-se que a parcela 2 (parcela a NE) apresentava solos mais profundos, do que na parcela 1 (parcela a SW), o que poderá estar associado a uma maior acumulação de sedimentos provenientes do topo da vertente, onde se insere, em consequência do incêndio florestal ocorrido;
- o incêndio a curto prazo não provocou grandes alterações no teor em matéria orgânica;
- predomínio da matéria mineral, com valores acima dos 80% e baixa concentração de silte + argila;
- a textura em toda a área em estudo é predominantemente arenosa;
- não existe uma grande amplitude de valores da densidade aparente, não ultrapassando os 1,5 g/cm³.

Não se denotaram mudanças significativas resultantes do incêndio ocorrido, uma vez que características das amostras da área ardida em pouco diferem das da área não ardida. As pequenas alterações verificadas, decorrentes do incêndio, poderão estar apenas relacionadas com a escorrência de matérias ao longo da vertente e consequente acumulação e a presença de cinzas.

Poder-se-á também verificar a relação existente entre as várias propriedades e a influência que as características do solo da área tem nos resultados obtidos. A resistência do solo poderá estar dependente da textura e da compactação dos seus materiais, pois a alta concentração de matéria mineral, composta sobretudo por material arenoso e uma baixa concentração de silte + argila, poderão contribuir para uma menor compactação e consequentemente uma baixa resistência à compressão.

A baixa severidade do incêndio ocorrido de que resultou uma baixa taxa de destruição da vegetação explica, muito provavelmente, boa parte dos resultados obtidos.

Realça-se que o estudo dos efeitos dos incêndios do solo depende das características da área de análise e do próprio incêndio, não sendo aconselhado a extrapolação dos resultados para outras

áreas. Outro fator relevante é a dimensão das parcelas analisadas, pois podem não ser representativas da área envolvente.

A presente dissertação poderá realçar a importância do estudo dos incêndios florestais com diferentes graus de severidade, nomeadamente os de baixa severidade, podendo esse conhecimento facilitar a definição das estratégias de reabilitação e restauro das áreas afetadas ou mesmo permitir a sua conversão em “fogos controlados”, permitindo assim, sempre que as condições estejam reunidas, a redução dos combustíveis, numa estratégia preventiva.

Os resultados também validam uma gestão mais pró-ativa dos incêndios, permitindo, nas condições certas e nos locais corretos, deixar transformar um incêndio (de baixa intensidade) num fogo controlado, podendo ser uma ferramenta válida a ser utilizada pelos bombeiros no combate dos incêndios florestais, tornando-se indiretamente também uma estratégia de prevenção, pois impede que essa mesma área arda futuramente.

Em suma, este estudo é também ele relevante, pois é muito importante ir reforçando os conhecimentos já existentes sobre os efeitos dos incêndios florestais de baixa severidade, pois os resultados indo ao encontro dos estudos já existentes, no que diz respeito à ausência de danos no solo por parte deste tipo de incêndio, é também um elemento sustentador da utilização da técnica já referida de fogo controlado.

Durante a realização desta dissertação, foram também encontradas várias limitações:

- Falta de disponibilização de informação por parte do município em análise, o que levou a utilização de dados alternativos, levando a um tratamento mais exaustivo dos mesmos para se adequarem a análise em causa;
- As condições meteorológicas, foram o maior entrave a este estudo, não nos permitindo a realização de uma queima experimental, tendo-se optado por uma área que tinha sofrido um incêndio, com as dificuldades inerentes de não estudar uma área previamente escolhida e monitorizada;
- O fato de serem utilizados métodos experimentais de campo e de laboratório com as quais nunca tinha trabalhando, exigiram uma preparação mais exaustiva e morosa;

- A alteração da área de estudo, também fez com que partes da dissertação tivessem que ser refeitas, consumindo tempo que poderia ter sido utilizado para aprofundar alguns métodos.

Em investigações futuras será relevante estudar estas propriedades, optando por períodos de tempo mais prolongados, para visualizar a evolução dos efeitos no tempo, assim como a utilização da mesma metodologia noutras áreas idênticas e com diferentes graus de severidade, com o objetivo de fazer um estudo comparativo.

Bibliografia

- ALMEIDA, R.; CARIDADE, J.; GRILO, F.; ANTÓNIO, M.; CASTRO, R.; VINAGRE, P.; PINHEIRO, D.; GUERREIRO, J. & MENDONÇA, M. (1995) "Relatório do Projeto Piloto de Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal", Centro Nacional de Informação Geográfica. Lisboa.
- ARCENEGUI, V. (2011). El fuego sobre el suelo. Los câmbios en la superfície tras un incêndio. *Revista Méto*de nº70, pp.78-81.
- BATISTA, A.; REISSMANN, C. & SOARES, R. (1998). Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Sengés. *PR Floresta*, 27.
- BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; FERREIRA-LEITE, F. & VINHA, L. (2015). *Wildland Fires: a Worldwide Reality*. Nova Iorque: Nova publishers.
- BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; ÚBEDA, X. & MARTIN, D. (2012). Fire and soils: Key concepts and recente advances. *Geoderma* 191, pp.3-13.
- BENTO-GONÇALVES, A; LOURENÇO, L. & SILVA, J. (2007). Manifestação do risco de incêndio florestal, causas e investigação criminal. *Revista Territorium*, nº14, pp. 81-87.
- BIROT, Y. & MAVSAR, R. (2009). *Impacto de los incêndios forestales en 3D: Meio ambiente, economia, sociedade in Birot, Y. Convivir com los incêndios forestales: Lo que nos revela la ciência*. European Forest Institute.
- BRADY, N. & WEIL, R. (2013). *Elementos da natureza e propriedades do solo*. 3ª Edição. Bookman Press.
- CBMERJ (2004). *Informações sobre a avaliação do comportamento do fogo nos incêndios em vegetação*.
- CMDFF (2014). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndio de Fafe*. Câmara Municipal de Fafe.
- CMF (2015). *Plano Diretor Municipal de Fafe. Relatório de Diagnóstico e de Caracterização Biofísica*. Câmara Municipal de Fafe.

- COSTA, F. (2010). *Águas públicas e sua utilização no Concelho de Fafe. Um Contributo do ponto de vista histórico-geográfico*. Câmara Municipal de Fafe.
- COSTA, J. (1985). *Caracterização e constituição do solo*. 3ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- DEBANO, L. & NEARY, D. (2005). *Part A - The soil resource: Its Importance, Characteristics and General Responses to Fire in Neary et al. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*.
- DEBANO, L.; NEARY, D. & FFOLLIOTT, P. (1998). *Fire's effects on ecosystem*.
- DEBANO, L.; NEARY, D. & FFOLLIOTT, P. (2005). *Chapter 2: Soils Physical Properties in Neary et al. "Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*.
- DIAS, G. (2009). *Queimadas e incêndios florestais. Cenários e Desafios*. Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.
- DIREÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE ENTRE-DOURO E MINHO (DRAEDM) (1995). Carta de solos e carta da aptidão da terra de entre-douro e minho: memória. Agroconsultores. Geometral.
- ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS (2003). *Combate a Incêndios florestais. Manual de formação inicial de Bombeiro*. 2ª Edição.
- ESCOLA NACIONAL DE BOMBEIROS (2006). *Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção*. 3ª Edição.
- FERNANDES, R., CORDOVID, C. & DE VARENNES, A. (2009). *Use of Organic Residues to recover Nutrients and Organic Matter Pools in burned soils*. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- FERREIRA-LEITE, F.; MARTINS, C.; BENTO-GONÇALVES, A. & VIEIRA, A. (2010). *Os incêndios florestais no Distrito de Braga*. Geo-Working Papers, Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento.
- FILIPPE, M. & SERRALHA, N. (2015). *Os impactos e consequências dos incêndios florestais*. Direção Regional de Florestas e Conservação da Natureza.
- GONZÁLEZ-VILA, F. & ALMENDROS, G. (2011). El Controvertido efectos de los incêndios. El fuego en el ciclo del carbono en los ecosistemas mediterrâneos. *Revista Méthode n° 70*.

HUBBERT, K.; PREISLER, H.; WOHLGEMUTH, P.; GRAHAM, R. & NAROG, M. (2006). Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a step chaparral watershed. *Geoderma* 130.

JOIN RESEARCH CENTRE SCIENCE FOR POLICY REPORT (2005). *Forest Fires in Europe 2005*.

JOIN RESEARCH CENTRE SCIENCE FOR POLICY REPORT (2017). *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2016*.

JORDÁN, A. & CERDÁ, A. (2010). *Avances metodológicos e innovación técnica en el estudio de los suelos afectados por incendios forestales in Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales*.

LOURENÇO, L. (1986). *Consequências geográficas dos incêndios florestais nas Serras de xisto do centro de Portugal. Primeira abordagem*. Atas, IV Colóquio Ibérico de Geografia, Coimbra, pp.943-957.

LOURENÇO, L. (1990). *Impacte Ambiental dos incêndios florestais*. Caderno de Geografia, nº9, pp. 143-150.

LOURENÇO, L. (1992). *Aspectos Sócio-económicos dos incêndios florestais em Portugal*. Actas do Seminares sur la prévention des incendies de forêt, l'aménagement du territoire et les populations. p.124-135.

LOURENÇO, L. (1995). *Meio geográfico e fogos florestais. Relação de causa-efeito*. Actas II Congresso da Geografia Portuguesa, APG, Lisboa, pp.177-183.

LOURENÇO, L. (2007). *Incêndios Florestais de 2003 e 2005. Tão perto no tempo e já tão longe da memória*. Riscos ambientais e formação de professores: Atas da VI Jornada Nacionais da Prosepe. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra

LOURENÇO, L.; FERNANDES, S.; BENTO-GONÇALVES, A.; CASTRO, A.; NUNES, A. & VIEIRA, A. (2011/12). Causas de incêndios florestais em Portugal Continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquénio (1996 a 2010). *Caderno de Geografia*, nº30/31, pp.61-80.

MACEDO, F. & SARDINHA, A. (1993). *Fogos Florestais*. 1º Volume. 2ª Edição.

MACEDO, F. & SARDINHA, A. (1993). *Fogos Florestais*. 2º Volume. 2ª Edição.

MATAIX-SOLERA, J. & CERDA, A. (2009). Los efectos de los incendios forestales en los suelos. Síntesis y Conclusiones. Nuevos retos en la investigación y en la gestión. *In* Cerda, A.; Mataix-Solera, J. (Eds) – Efectos de los Incendios forestales sobre los suelos en España, pp.185-218, València: FUEGORED.

MATAIX-SOLERA, J.; GUERRERO, C.; ARCENEGUI, V.; BÁRCENAS, G.; ZORNOZA, R.; PÉREZ-BEJARANO, A.; BODÍ, M.; MATAIX-BENEYTO, J.; GÓMEZ, I.; GARCÍA-ORENES, F.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; JORDÁN, M.; CERDÀ, A.; DOERR, S.; ÚBEDA, X.; OUTEIRO, L.; PEREIRA, P.; JORDÁN, A. & ZAVALA, L. (2009). *Los incendios forestales y el suelo: un resumen de la investigación realizada por el Grupo de Edafología Ambiental de la UMH en colaboración con otros grupos. In* Cerda, A.; Mataix-Solera, J. (Eds) – Efectos de los Incendios forestales sobre los suelos en España, pp.185-218, Valencia: FUEGORED.

NUNES, A.; LOURENÇO, L.; BENTO-GONÇALVES, A. & VIEIRA, A. (2013). *Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incêndio regional e principais factores responsáveis*. Caderno de Geografia, nº32, pp.133-143.

OSMAN, K. (2013). *Soils: Principles, Properties and Management*. Springer

PLANO NACIONAL DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (2005). *O problema dos incêndios florestais*. Incêndios florestais em Portugal. Estudo Técnico I-Diagnóstico, visão e objectivos estratégicos.

PYNE, S.; ANDREW, P. & LAVEN, R. (1996). *Introduction to Wildland Fire*. Nova Iorque: John Wiley & Sons Inc.

RYAN, K. & NOSTE, N. (1985). Evaluating prescribed fires. pp.230-238.

SAN- MIGUEL, J. & CAMIA, A. (2009). *Los incendios forestales de un vistazo: Hechos, cifras y tendencias en la EU in Convivir com los incendios forestales: Lo que nos revela la ciência*, pp.13-20.

SANTOS, F.D., FORBES, K. & MOITA, R. (2002). *Climate Changes in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptation measures* *siam Projecte*, Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia – Ministério da Ciência e da Tecnologia.

SHAKESBY, R.; BOAKES, D.; COELHO, C.; BENTO-GONÇALVES, A. & WALSH, R. (1993) *Limiting the erosional effect of forest fires: background to the IBERLIM research programme in Águeda and Tejo basins, Portugal.*

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (2001). *Glossary of soil science terms*. Madison, WI: Soil Science Society of America p.140

STOOF, C. (2011). *Fire effects on soil and hydrology*. Thesis Wageningen University, the Netherlands.

UBEDA, X. & OUTEIRO, L. (2009). *Physical and chemical effects of fire on soil*.

VÉLEZ, R. (2000). *La defensa contra incendios forstales. Fundamentos y experiencias*. Ed. McGraw-Hill, Madrid.

VIEGAS, D. (2011). *Comportamento do fogo” in Rossa, C.; Viegas, D.; Ribeiro, L. – Incêndios Florestis. Capítulo 4.*

VIEIRA, A. & BENTO-GONÇALVES, A. (2015). *Investigação sobre erosão e degradação dos solos afectados por incêndios florestais*. II Simpósio de pesquisa em Geografia.

Anexos

Anexo I - Codificação e Definição das Categorias das Causas

CODIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DAS CAUSAS

A classificação da causalidade dos incêndios florestais assume uma estrutura hierárquica de três níveis, identificando-se cada causa específica com três algarismos:

- **primeiro algarismo** – identifica uma das seis categorias de causas.
- **segundo algarismo** – discrimina as causas do nível anterior, identificando-as em grupos e discriminando actividades específicas.
- **terceiro algarismo** – divide em subgrupos as actividades e discrimina comportamentos e atitudes específicas.

1 USO DO FOGO		
11	Queima de lixo	Destruição de lixos pelo fogo.
111	Autárquica	Uso do fogo com origem em lixeiras autárquicas, com ou sem intervenção humana na fase de ignição.
112	Indústria	Uso do fogo para destruição de resíduos industriais.
113	Comércio	Uso do fogo para destruição de lixos provenientes de actividades comerciais, como por exemplo resíduos de feirantes, etc.
114	Actividades clandestinas	Queima de lixos e entulhos acumulados em locais não permitidos. Por vezes, a queima nem é provocada pelo responsável pela acumulação do material.
115	Núcleos habitacionais permanentes	Queima de lixos resultantes da actividade doméstica (releixo).
116	Núcleos habitacionais temporários associados ao recreio	Destruição de lixos por queima com origem em de zonas temporariamente frequentadas, como por exemplo parques de lazer, parques de merendas, campismo, etc.
12	Queimadas	Queima pelo fogo de combustíveis agrícolas e florestais.
121	Limpeza do solo agrícola	Queima de combustíveis agrícolas de forma extensiva, como é o caso do restolho, panasco, etc..
122	Limpeza do solo florestal	Queima de combustíveis florestais empilhados ou de forma extensiva, como restos de cortes e preparação de terrenos.
123	Limpeza de áreas urbanizadas	Queima de combustíveis empilhados ou de forma extensiva, para limpeza de áreas urbanas e urbanizáveis.
124	Borralheiras	Queima de restos da agricultura e matos confinantes, após corte e ajuntamento.
125	Renovação de pastagens	Queima periódica de matos e herbáceas com o objectivo de melhorar as qualidades forrageiras das pastagens naturais.
126	Penetração em áreas de caça e margens dos rios	Queima de matos densos e brenhas com o objectivo de facilitar a penetração do homem no exercício venatório e da pesca.
127	Limpeza de caminhos, acessos e instalações	Queima de combustíveis que invadem casa, terrenos, acessos, caminhos, estradões, etc.
128	Protecção contra incêndios	Uso do fogo de forma incorrecta, quando se pretende diminuir os combustíveis para protecção contra incêndios.
129	Outras	Outro tipo de queimadas.
13	Lançamento de foguetes	Uso do fogo para diversão e lazer.
131	Com medidas preventivas	Lançamento de foguetes com licenciamento, seguros, presença dos corpos dos bombeiros, autoridades, etc.
132	Clandestinos	Lançamento clandestino de foguetes sem qualquer medida preventiva, incluindo as anteriores.
133	Auto-ignição	Ignição de material explosivo proveniente do lançamento de foguetes, decorrido algum tempo.
14	Fogueiras	Uso do fogo com combustíveis empilhados.
141	Recreio e lazer	Uso do fogo em parques de campismo, "fogos de campo", Rallye de Portugal, etc.
142	Confecção de comida	Uso do fogo para confecção de alimentos, designadamente sardinhas, churrascos, etc.
143	Aquecimento	Uso do fogo para aquecimento, designadamente em trabalhos a céu aberto.
144	Reparação de estradas	Uso do fogo para construção, reparação ou manutenção de estradas asfaltadas.
145	Outras	Outro tipo de fogueiras.

(CONT.)

15 Fumar	Fumadores que lançam as pontas incandescentes ao solo.
151 Fumadores a pé	Cigarros e fósforo lançados ao solo por fumadores que se deslocam a pé.
152 Em circulação motorizada	Cigarros e fósforo lançados ao solo por fumadores que se deslocam em veículo motorizado.
16 Apicultura	Uso do fogo por apicultores.
161 Fumigação	Por esvaziamento do conteúdo do fumigador ou por contacto com combustíveis finos ou mortos.
162 Desinfestação	Uso do fogo para desinfestação de material apícola, para afugentar animais nocivos, etc..
17 Chaminés	Transporte de partículas incandescentes.
171 Industriais	Dispersão de faúlhas ou outro tipo de material incandescente a partir de chaminés industriais.
172 De habitação	Dispersão de faúlhas ou outro tipo de material incandescente a partir de chaminés de casas de habitação e instalações agrícolas.
173 Outras	Outro tipo de chaminés.
2 ACIDENTAIS	
21 Transportes e comunicações	Faíscas e faúlhas que dão origem a ignições de combustível.
211 Linhas eléctricas	Linhas de transporte de energia eléctrica que por contacto, descarga, quebra ou arco eléctrico, dão origem a ignição.
212 Caminhos de ferro	Material incandescente proveniente do sistema de travagem ou locomoção de circulação ferroviária.
213 Tubos de escape	Libertação de material incandescente e condução de calor através de condutores de escape de veículos de circulação geral.
214 Acidentes de viação	Acidentes de viação que originam ignições em combustíveis vegetais.
215 Outros acidentes	Outras causas acidentais ligadas aos transportes e comunicações.
22 Maquinaria e equipamento	Maquinaria e equipamento de uso específico nas actividades agro-florestais.
221 Alfaias agrícolas	Ignições com origem no atrito de partes metálicas com pedras.
222 Máquinas agrícolas	Emissão de partículas incandescentes, faíscas e transmissão de calor por condução.
223 Equipamento florestal	Emissão de partículas incandescentes, faíscas e transmissão de calor por condução.
224 Motosserras	Emissão de partículas incandescentes, faíscas e transmissão de calor por condução.
225 Máquinas florestais	Emissão de partículas incandescentes, faíscas e transmissão de calor por condução.
226 Máquinas industriais	Emissão de partículas incandescentes, faíscas e transmissão de calor por condução.
227 Outra maquinaria e equipamento	Outra maquinaria e equipamento que dê origem a ignições de combustível vegetal.
23 Outras causas acidentais	Causas acidentais menos comuns.
231 Explosivos	Utilização de explosivos em usos civis, nomeadamente rompimento de estradas, pedreiras, minas, etc.
232 Soldaduras	Trabalhos de soldadura em construção civil, como por exemplo canalizações, pontes metálicas, etc.
233 Disparos de caçadores	Disparos de caçadores provenientes de armas de fogo.
234 Exercícios militares	Incêndios com origem em actividades militares, nomeadamente disparos de artilharia, utilização, de maquinaria, utilização de fogo para aquecimento ou confecção de alimentos por parte de soldados.
235 Vidros	Incêndios com origem em montureiras e outras de acumulações daqueles materiais com probabilidade de ocorrer o efeito de lente.
236 Outras	Outras causas acidentais.

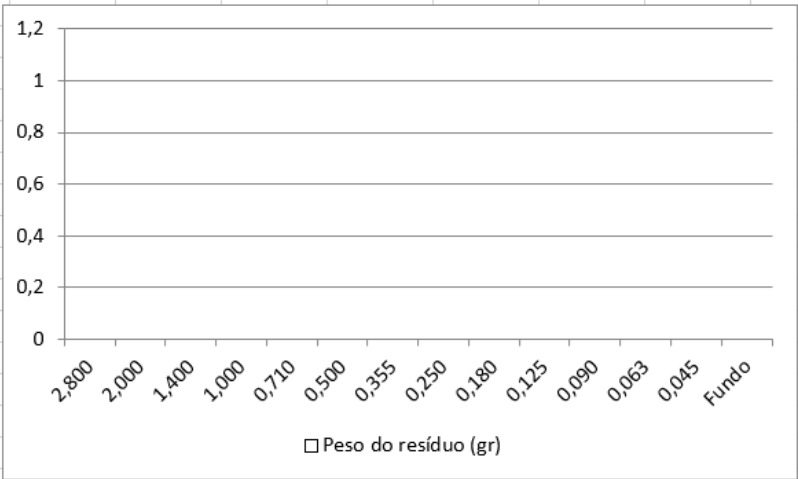
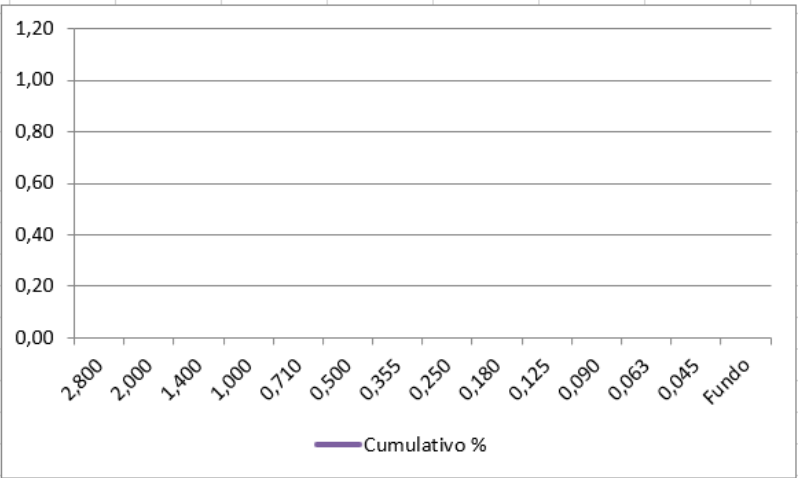
(CONCLUSÃO)

3 ESTRUTURAIS		
31	Caça e vida selvagem	Causas com origem em comportamentos e atitudes reactivas aos condicionalismos dos sistemas de gestão agro-florestais.
311	Conflitos de caça	Incêndios originados por conflitos motivados pelo regime cinegético.
312	Danos provocados pela vida selvagem	Quando existem danos em culturas agrícolas provocados por javali, lobo, coelhos, etc., é utilizado o fogo para afastar os animais.
33	Uso do solo	Causas com origem em conflitos relacionados com o uso do solo.
333	Alterações no uso do solo	Incêndio motivado por alterações no uso do solo, como são exemplos a construção, os limites do PDM, etc.
334	Pressão para venda de material lenhoso	Incêndio provocado com o objectivo da desvalorização do material lenhoso ou falta de matéria prima.
335	Limitação ao uso e gestão do solo	Incêndio provocado para resolver algumas limitações de uso e gestão do solo, como sucede por exemplo com áreas protegidas.
336	Contradições no uso e fruição dos baldios	Incêndios motivados pela forma de exploração e usufruto de baldios, independentemente da modalidade de gestão.
37	Defesa contra incêndios	Actividades de DFCI.
337	Instabilidade laboral nas actividades de DFCI	Incêndios com origem na actividade de detecção, protecção e combate aos incêndios florestais.
38	Outras causas estruturais	Outras situações estruturais.
4 INCENDIARISMO		
41	Inimputáveis	Situações de ausência de dolo.
412	Brincadeiras de crianças	Brincadeiras várias que dão origem a ignições.
413	Irresponsabilidade de menores	Menores que provocam incêndios de forma irresponsável.
417	Piromania	Incêndios provocados por indivíduos com esta anomalia.
419	Outras situações inimputáveis	Outras situações de anomalia, como por exemplo a demência, etc.
44	Imputáveis	Situações de dolo.
441	Manobras de diversão	Fogo posto com o intuito de enganar, desviar as atenções e confundir as forças de combate, autoridade, etc..
444	Provocação aos meios de combate	Fogo posto com o objectivo de despoletar a actuação dos meios de combate, especialmente os meio aéreos.
445	Conflitos entre vizinhos	Fogo posto como forma de resolver vários tipos de conflitualidade entre vizinhos.
446	Vinganças	Fogo posto que tem por motivação a vingança.
448	Vandalismo	Utilização do fogo por puro prazer de destruição.
449	Outras situações dolosas	Situações que não estejam ainda tipificadas.
5 NATURAIS		
51	Raio	Descargas eléctricas com origem em trovoadas.
6 INDETERMINADAS		
60	Indeterminadas	Ausência de elementos objectivos suficientes para a determinação da causa.
610	Prova material	Indeterminação da prova material.
620	Prova pessoal	Indeterminação da prova pessoal.
630	Outras informações	Indeterminação por lacunas na informação.

Anexo II – Modelo utilizado na análise da Granulometria

Modelo utilizado na análise da Granulometria

	Dimensão da malha em mm	Escala Ø	Peso do resíduo (gr)	Frequência %	Cumulativo %	
	4,000	-2				Sítio:
Areão	2,800	-1,5				Localidade:
	2,000	-1				Data:
	1,400	-0,5				
Areia	1,000	0				
	0,710	0,5				
	0,500	1				
	0,355	1,5				
	0,250	2				
	0,180	2,5				
	0,125	3				
	0,090	3,5				
	0,063	4				
Silte e Argila	0,045	4,5				
	Fundo					
	Total		0			
						Tara:
						Peso inicial:
						Peso final:
						Diferença:
						Erro:

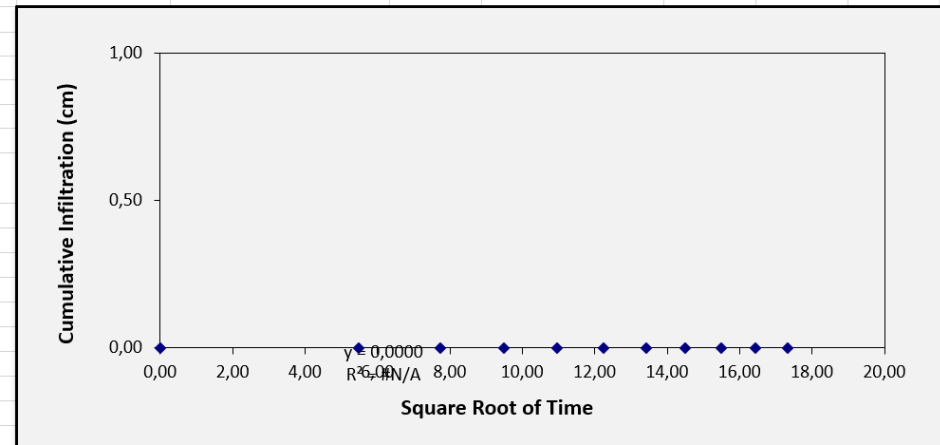


Anexo III – Modelo utilizado na análise da Capacidade de Infiltração de Água no Solo

Modelo utilizado na análise da Capacidade de Infiltração de Água no Solo

Instructions	
Step 1:	Enter measurement times beginning with zero
Step 2:	Enter corresponding volume measurements
Step 3:	Adjust selection field on graph to fit data

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infilt (cm)
0	0,00		0,00
30	5,48		
60	7,75		
90	9,49		
120	10,95		
150	12,25		
180	13,42		
210	14,49		
240	15,49		
270	16,43		
300	17,32		



Step 4:	Select Infiltrometer Type	⇒	MiniDisk
Step 5:	Select Soil Type	⇒	loamy sand
Step 6:	Select Suction	⇒	1
Radius	2,25 cm		
alpha	0,124		
n/h _o	2,28		
Suction	-1 cm		
A	2,786831249		
C1	---		
K	---		